

NOSITEL  
VYZNAMENÁNÍ  
ZA BRANNOU  
VÝCHOVU  
I. A II. STUPNĚ



## ŘADA B PRO KONSTRUKTÉRY

ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU  
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ  
ROČNÍK XXXIII/1983 ●● ČÍSLO 5

### V TOMTO SEŠITĚ

**Chcete se stát důstojníkem  
(praporčíkem) ČSLA? ... 161**

### JEDNODUCHÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

#### Přístroje skupiny A

Jednoduchá žárovková zkoušečka	162
Žárovková zkoušečka s tranzistorem	165
Jednoduchý bateriový zdroj	167
Bateriový zdroj s regulací tranzistorem	168
Multivibrátor s tranzistory	170
Multivibrátor se žárovkou	170
Multivibrátor v souměrném zapojení	171
Sledovač signálu	172
Jednoduchý přijímač na sluchátka	175

#### Přístroje skupiny B

Jednoduché generátory nř signálu	177
Nř generátor LC, 1 kHz	177
Nř generátor RC, 1 kHz	178
Nř generátor s MH7400	178
Jednoduchý generátor sinusového a pravoúhlého signálu	180
Akustická zkoušečka s MH7400	181
Žárovková zkoušečka s multivibrátorem	182
Jednoduché měřicí přístroje s ručkovým měřidlem	183
Napěťový ohmmetr	184
Proudový ohmmetr	185
Napěťový ohmmetr se třemi rozsahy	186
Stejnoseměrný voltmetr a miliampérmetr	187
Stejnoseměrný ampérmetr	188
Stejnoseměrný voltampérmetr	190
Zkoušeč tranzistorů se žárovkou	192
Zkoušeč tranzistorů	191
Nř zesilovač s MA0403 a MBA810	193
Koncový zesilovač s MBA810	194

#### Přístroje skupiny C

Regulovatelné a stabilizované zdroje napájené ze sítě	195
Jednoduchý síťový zdroj	197
Síťový zdroj s tranzistorem	197
Síťový zdroj s nastavitelným výstupním napětím	197
Zdroj 0 až 20 V/1 A s omezením výstupního proudu	199
Regulovatelné zdroje s MAA723	199

## AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO,  
Vladislavova 26, 133 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredak-  
tor ing. Jan Klábal, redaktor Luboš Kalousek, OK1FAC. Re-  
dakční radu řídí ing. J. T. Hyán.

Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7,  
šéfredaktor linka 354, redaktor linka 353, sekretářka linka  
355. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololetní  
předplatné 15 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbroje-  
ných sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladi-  
slavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doru-  
čovatel. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, ústřední  
expedice a dovoz tisku, závod 01, Kačkova 9, 160 00 Praha 6.  
Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 160 05 Praha 6,  
Vlastina ulice č. 889/23.

Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Ná-  
vštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině.  
Číslo indexu 46 044.

Toto číslo má vyjít podle plánu 14. 9. 1983.

© Vydavatelství NAŠE VOJSKO

# CHCETE SE STÁT DŮSTOJNÍKEM (PRAPORČÍKEM) ČSLA a pokračovat v radioamatérské činnosti?

Československá lidová armáda při-  
pravuje důstojníky a praporčíky – vo-  
jáky z povolání v oblasti sdělovací  
techniky a elektroniky

- a) na vojenské vysoké škole,
- b) na vojenské střední škole.

a) Přihlášku ke studiu si můžete  
podat již ve 3. ročníku střední školy  
nebo jako voják v záloze i jako voják  
v základní službě. Do zahájení studia  
však nesmíte překročit věk 24 let.  
Přihlášku podáte na okresní (obvodní)  
vojenské správě podle místa svého  
bydliště. Jste-li vojákem základní  
služby, podáte přihlášku prostřednic-  
tvím svého velitele.

Podmínky pro přijetí:

- jste občanem ČSSR,
- chcete se stát po absolvování vo-  
jenské vysoké školy důstojníkem  
z povolání a máte pro to nezbytné  
předpoklady,
- máte takové politické a morální  
kvality a charakterové vlastnosti,  
které odpovídají nárokům na poslu-  
chače vojenské školy,
- úspěšně jste absolvovali střední  
školu a ukončili ji maturitou,
- jste zdravotně způsobilí a fyzicky  
zdatní,
- prokázali jste schopnost k úspěš-  
nému studiu složením přijímacích  
zkoušek.

Po splnění výše uvedených podmí-  
nek Vás pozve náčelník příslušné vo-  
jenské vysoké školy k přijímacímu  
řízení. Obvykle je to v červenci nebo  
srpnu. Do školy ke zkouškám Vás  
odešle okresní (obvodní) vojenská  
správa, jste-li vojákem v základní slu-  
žbě, velitel útvaru. Prověřován budete  
z vědomostí v rozsahu učiva, pře-  
psaného na střední škole, a z tělesné  
zdatnosti.

Ve spojovacím a radiotechnickém  
oboru se můžete přihlásit na Vysokou  
vojenskou technickou školu česko-  
slovensko-sovětského přátelství  
v Liptovském Mikuláši, která přípra-  
vuje velitelské a technické kádry ve  
vysokoškolském studiu ve velitelsko-  
inženýrských a vojensko-inženýr-  
ských studijních oborech (na elektro-  
technickém základě).

Studium je čtyřleté pro velitelsko-  
inženýrské kádry a pětileté pro vojen-  
sko-inženýrské kádry.

- b) Žadosti o přijetí na odbornou  
vojenskou střední školu si můžete  
podat rovněž na okresní (obvodní)  
vojenské správě, podle místa trvalého  
bydliště, kde také obdržíte další kon-  
krétní informace.

Podmínky pro přijetí:

- jste občan ČSSR,
- chcete se stát po absolvování vo-  
jenské školy vojákem z povolání,
- máte takové politické a morální  
kvality a charakterové vlastnosti,  
které odpovídají nárokům kladným

na žáky vojenské školy, a jsou u Vás  
předpoklady, nezbytné pro výkon  
služby vojáka z povolání,

- úspěšně jste absolvovali základní  
školu,
  - jste zdravotně způsobilí a fyzicky  
zdatní a nepřekročili jste 16 let věku  
ke dni zahájení studia,
  - každý z Vás jste předložili žádost,  
kterou spolu s Vámi podepíší oba  
rodiče nebo zákonní zástupci.
- Ve stanoveném termínu bude  
s Vámi uskutečněn osobní pohovor  
a současně se podrobíte přijímací  
zkoušce
- písemné z matematiky a mateřské-  
ho jazyka,
  - z tělesné zdatnosti.

Obsah zkoušky odpovídá látce pro-  
brané do konce 1. pololetí navštěvo-  
vaného ročníku základní školy.

Ve spojovacím a radiotechnickém  
oboru se můžete přihlásit ke studiu na  
vojenské střední odborné škole v No-  
vém Městě nad Váhem, která přípra-  
vuje praporčíky (praporčíce) pro veli-  
telské a technické funkce v oblasti  
sdělovací techniky a elektroniky  
v následujících specializacích:

- rádiová, rádioreléová a troposféric-  
ká technika,
- provozní technika,
- dálkové spoje,
- opravy a údržba samočinných počí-  
tacích strojů, regulační a měřicí  
techniky.

Do jednotlivých specializací se stu-  
denti zařazují po ukončení studia dru-  
hého ročníku. Po čtyřletém studiu se  
konají maturitní zkoušky. Po výteč-  
ném absolvování se můžete přihlásit  
k dalšímu studiu na vojenské vysoké  
technické škole v Liptovském Miku-  
láši.

Vojenská střední škola v Novém  
Městě nad Váhem připravuje i vyuče-  
nou mládež. Studium je dvouleté,  
ukončeno maturitou. Možnost studia  
mají uchazeči s ukončeným základ-  
ním vzděláním s dobrým prospěchem  
a vyučení ve spojovacích profesích,  
kteří nepřekročili 23 let.

Jaká je perspektiva absolventů vo-  
jenských středních a vysokých škol?

Tato otázka je samozřejmě – pro  
Vás i Vaše rodiče.

Absolvent vojenské vysoké i střední  
školy je připraven k vykonávání veli-  
telských i technických funkcí – podle  
zaměření studia.

Po ukončení studia jsou absolventi  
zařazováni do funkcí u jednotek a ú-  
tvarů. Dobré výsledky práce zaručují  
mladému absolventu služební růst do  
vyšších, náročnějších a odpovědněj-  
ších funkcí a pokračovat přitom  
v amatérské činnosti v celé šíři. —oš

# JEDNODUCHÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Václav Machovec, Josef Korous, Pavel Bartušek, Jan Libý

Členové radioklubu základní organizace Svazarmu při k. p. TESLA Lanškroun, závod 114 Blatná, si dali dlouhodobý úkol získávat pro závod zájemce o elektroniku z řad mládeže. Spoluprací městského domu pionýrů a mládeže, Svazarmu a závodu TESLA vznikly dobré podmínky pro realizaci tohoto úkolu. Ředitel MDPM uvítal před 14 lety ochotu členů radioklubu zříditi a vést v MDPM radiokroužek; dnes pracují radiokroužky dva (mladší a starší radiotechnici) a díky pochopení ředitele jsou umístěny v pěkné místnosti, v níž se členové radioklubu přičinili o novou elektroinstalaci a dokonalé osvětlení. Radiokroužek je dobře vybaven měřicí technikou, i když většinu přístrojů jsme získali jako vyřazené přístroje ze závodu a museli je opravit. Kroužek starších se zabývá převážně stavbou jednoduchých přístrojů. Protože moderních součástek je nedostatek a jsou drahé, naproti tomu starší se hromadí (podle současných návodů nemají použití), byl hledán a odzkoušen způsob, jak používat to, co je k dispozici.

Při zamyšlení nad možnostmi začátečníka, který nemá v blízkosti specializovanou prodejnu a moc toho o elektronice neví, zjistíme, že např. deska s plošnými spoji vyžaduje určité typy součástek, při častém pájení se fólie ničí a odlepuje, na hotové desce se spoji není možné dělat úpravy, změny nebo vylepšení, je tedy možné konstrukční návod jen slepě kopírovat. Proto pro začátek nepoužíváme desky se spoji, ale vrtanou destičku z izolantu, kterou si může zajistit každý a hned. Pro všechny úlohy lze používat jednotnou desku. Materiálem je sklotextit (ze starých "sloupných" desek se spoji), tvrzená tkanina, tvrzený papír, nejběžnější jsou odřezky umakartu.

Při přípravě tohoto čísla AR jsme vycházeli i z toho, že i jednoduché návody jsou obvykle psány a vysvětleny tak, že jím začátečník, kterému chybí základy, nerozumí. Vycházíme ze zkušenosti, že velká část mladých radioamátérů dokáže rozpoznat na schématu jednotlivé součástky, osadit desku s plošnými spoji, tedy postavit často i složitý výrobek, ale málokterý dokáže "rozdělit" schéma zapojení na jednotlivé stupně, pojmenovat je a rozumět jim. Neví si rady s nastavením, případnou náhradou součástky, zkontrolováním činnosti, proměřením a opravou. V radioklubu jsme proto odzkoušeli základní obvody, které lze během jedné schůzky zapojit a uvést do chodu.

Toto číslo je trochu výjimkou v náplni většiny AR/B a mělo by posloužit hlavně mladým a začínajícím zájemcům o elektroniku. Mělo by pomoci v oblasti zkoušení a měření při práci v radiokroužcích DPM a v radioklubech Svazarmu, kde je o vhodné a hlavně levné náměty pro práci nouze. Kdo to zkusil, ví dobře, jak je těžké pro 10 členů jednoho kroužku zajistit desetkrát stejný materiál na jedno zapoje-

ní, které nemusí být ani moc složité, a opatřit na zakoupení finanční prostředky. Proto jsme se zaměřili na jednoduchost a možnost pracovat s levným materiálem.

Většinu návodů v soudobých časopisech mládež může realizovat jen nesnadno. Nestačí na ně ani vědomostmi, ani součástkovými možnostmi, tedy finančně. Stejně tak všichni nemají možnost udělat si potřebné mechanické práce. Z nedostatku zkušenosti se mladí konstruktéři obvykle zaměří na návod, který se jim líbí (často ani nevědí proč), ušetří si na součástky, seženou cupřetit atd. a při uvádění do chodu z nedostatku základních znalostí a nedočkavosti přístroj zničí. Tím často končí jejich zájem o elektroniku, který přišel dost drahá a nepřinesl předpokládaný výsledek. Hlavní chybou v tomto případě bylo, že začátečník stavěl hned přístroj složitý, na který nestačil bez znalosti základů. Podobně je tomu při stavbě přístrojů napájených ze sítě. Začátečníci se z nevědomosti dopouštějí hrubých chyb, zapomínají na připojení ochranného vodiče a z přístroje se tak stává elektrické zařízení životu nebezpečné.

Zkoušečky a přístroje popisované v tomto AR byly konstruovány z uvedených hledisek a prokázaly cenné služby, vždyť v praxi velmi často stačí jednoduchá zkouška, aniž bychom museli přesně měřit. Proč hned stavět složité a drahé přístroje, když jich nevyužíváme a při náročném měření mohou pomoci zkušenější, nebo přístroje v kroužcích a radioklubech.

Začneme od základů – obvodem baterie, žárovky, sériový rezistor, paralelní rezistor (bočník) a jejich výpočet, následující obvody s polovodičovými diodami, s tranzistory a s hradly TTL. Všimneme si nelineárního odporu (žhavící vlákno žárovky) a budeme trochu počítat (zjednodušeným způsobem, vhodným pro mládež).

Nakonec několik rad pro začínající:

- Budeme postupovat od začátku, trpělivě, od nejjednodušších obvodů, které zhotovíme pečlivě a vzhledně, abychom postupně získali zkušenosti.
- Jednoduché konstrukce nebudeme podceňovat, odzkoušíme je a zjistíme, v jakých mezích ještě pracují (velikost napájecího napětí, zátěž, chování s náhradními součástkami apod.)
- Nebudeme začínat složitými přístroji, abychom se vyhnuli neúspěchu a zklamání.
- Před každou stavbou přístroje si nejprve navrhne mechanické uspořádání skříňky, panelu, všech ovládacích prvků, baterii nebo síťového zdroje, desky s plošnými spoji. Práce se urychlí a nestane se např., že se přístroj nebo ovládací prvky nevejdou do skříňky.

Popisy a návody jsou rozděleny do čtyř skupin podle složitosti a náročnosti takto: skupina A – začátečníci, neměli by pracovat s přístroji vlastní výroby napájenými ze sítě. Proto jsou všechny přístroje napájené jen z baterií, jsou postaveny na panelu vlastní výroby, vyhovu-

jícím pro všechna zapojení. Mohou být podle vlastního uvážení postaveny do krabičky U6 z plastické hmoty. Přístroje jsou zapojeny na vrtané destičce z izolantu „drátováním“;

skupina B – pokročilí mladší, zkušenější, které si již umí v leccems poradit. Všechny přístroje jsou napájeny z baterií a vestavěné na panel nebo do skříňky U6;

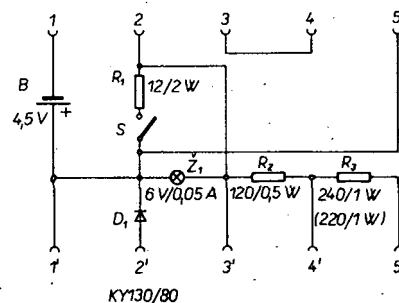
skupina C – pokročilí starší, zkušení, kteří jsou buď v učebním poměru, nebo navštěvují střední školu. Předpokládá se určitá znalost bezpečnostních předpisů, přístroje jsou napájeny i ze sítě a jsou postaveny do skříňek panelové konstrukce i vlastní výroby;

skupina D – vyspělí elektronici – amatéři, jimž by měly stačit spíše jen náměty na přístroje (pro kroužky a kluby).

## Přístroje skupiny A

### A-1a Jednoduchá žárovková zkoušečka

Při radioamatérské činnosti se neobejdeme bez zkoušení a měření. Přesnější měření však umožní jen složitější a drahé přístroje. Protože často stačí měřit jen přibližně, popř. jen zkoušet, lze nahradit měřidlo žárovkou. Navykne-li si rozlišovat intenzitu světla (barvu vlákna), může žárovka ve vhodném zapojení prokázat v začátcích cenné služby. Se zkoušečkou (obr. 1) můžeme „měřit“ (lépe



Obr. 1. Schéma žárovkové zkoušečky

zkoušet) napětí ve voltech (V), proud v miliampérech (mA) a odpory v ohmech ( $\Omega$ ) a zkoušet součástky, spoje a obvody. Pozor – se zkoušečkou můžeme zkoušet jen napětí bezpečné a v našem případě pro začátečníky jen do 24 V.

Zkoušečka se skládá ze žárovky, baterie, spínače, diody, rezistorů a zdílek, popř. sluchátka  $2 \times 2000 \Omega$ . Kromě sluchátka je vše na jednoduchém panelu, jehož základna je z překližky tl. 8 až 12 mm, přední panel též z překližky nebo jiného izolantu tl. 1,5 až 5 mm. Zkoušečkou lze zkoušet napětí 1 až 24 V, proud 20 až 500 mA, rezistory 0 až  $250 \Omega$  (se sluchátkem až do  $1 M\Omega$ ), elektrolitické kondenzátory 1000 až  $10\,000 \mu F$  (se sluchá-

kem menší než 1000  $\mu\text{F}$ ). Zkoušečku lze použít krátkodobě jako zdroj stejnosměrného proudu o napětí 4,5 V.

### Použití zkoušečky

#### Zdíčky: Funkce:

1'-3'	zkoušení napětí 1 až 6 V (max. 8 V), zkoušení proudu 20 až 50 mA (max. 60 mA), zkoušení baterií a monočládků,
1'-4'	zkoušení napětí 3,5 až 12 V (max. 15 V),
1'-5'	zkoušení napětí 8,5 až 24 V (max. 29 V),
2'-3' až 5'	zkoušení stejnosměrného napětí s možností zjištění polarit,
1-2	zkoušení rezistorů od 0 do 250 $\Omega$ , zkoušení kondenzátorů 1000 až 10 000 $\mu\text{F}$ , zkoušení diod a tranzistorů – jen výkonových!, zdroj stejnosměrného napětí 4,5 V pro proudy do 5 mA,
1-3	zkoušení rezistorů do 1 M $\Omega$ pomocí sluchátka zkoušení kondenzátorů do 1000 $\mu\text{F}$ pomocí slu- chátka,
1-1'	zdroj stejnosměrného napětí 4,5 V, 0,1 A (max. 0,5 A).

**Zkoušení napětí:** Napětí přivádíme do zdílek 1'-3' bez ohledu na polaritu, tedy stejnosměrné i střídavé. Podle svitu žárovky odhadneme velikost. Při 1 V žárovka žhne, při 6 V jasně svítí a při 8 V svítí bíle – nebezpečí přepálení vlákna. Chceme-li zjistit polaritu stejnosměrného napětí, přivedeme ho do zdílek 2'-3'. Je-li na zdínce 2' + pól a na zdínce 3' – pól, žárovka svítí. Při obrácené polaritě proud neprotéká. Přivedeme-li střídavý proud do zdílek 2'-3', svítí žárovka přibližně polovičním svitem, lze tedy zkoušet střídavé napětí asi 2× větší než stejnosměrné. Napětí 12 a 24 V přivádíme na žárovku přes předřadné odpory 120 a 240  $\Omega$ , tj. zdíčky 1'-4' a 1'-5'. Při zkoušení se na diodě „ztratí“ (úbytek napětí) napětí 0,4 až 0,8 V podle protékajícího proudu. Tímto „voltmetrem“ zatěžujeme měřený obvod proudem 20 až 50 mA. Můžeme tedy měřit jen v místech, kde to není na závadu (baterie, transformátory, zdroje, autoelektrika), neboť žárovka má jako voltmetr malý vnitřní odpor.

**Zkoušení proudu:** proud přivádíme na zdíčky 1'-3' a využíváme toho, že vlákno žárovky žhne již při 20 mA a jasně svítí při 50 mA, při sepnutém spínači při 500 mA. Jako ampérmetr má žárovka velký vnitřní odpor a je na ní velký úbytek napětí – při 20 mA 1 V a při 50 mA dokonce 6 V. Proud tedy můžeme zkoušet jen v obvodech s dostatečně velkým napětím.

**Zkoušení baterií a monočládků:** baterii připojíme na zdíčky 1'-3' bez ohledu na polaritu. Dává-li napětí, žárovka se rozsvítí. Pak sepnutím spínače zatížíme baterii odporem 12  $\Omega$  a podle změny světla usuzujeme na jakost baterie. U dobré baterie se svit žárovky změní jen málo.

**Zkoušení rezistorů:** rezistor připojíme do zdílek 1-2 a podle svitu žárovky usuzujeme na jeho odpor. Při nulovém odporu svítí žárovka jasně a při odporu 250  $\Omega$  nepatrně žhne. Nevýhodou je, že zkoušeným obvodem teče proud 20 až 40 mA (40 mA proto, že žárovka je napájena z baterie 4,5 V a ne napětím 6 V, kdy odebírá proud 50 mA).

**Zkoušení diod a tranzistorů:** zkoušenou diodu připojíme do zdílek 1-2. Je-li dobrá, svítí žárovka při připojení katody do zdíčky 1 a anody do zdíčky 2. Při připojení obrácené žárovka nesvítí. Svítí-li, je dioda „prorážená“, nesvítí-li ani v jednom směru, je přerušena.

Protože tranzistor jsou vlastně dvě diody zapojené proti sobě, připojíme-li bázi do zdíčky 1 a kolektor nebo emitor do zdíčky 2, pak při tranzistoru p-n-p žárovka svítí. Připojíme-li bázi do zdíčky 2, pak při připojení kolektoru nebo emitoru do zdíčky 1 žárovka nesvítí. U tranzistoru n-p-n je

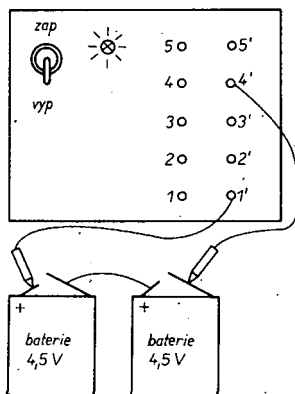
tomu naopak. Tím je možno jak určit vodivost tranzistoru, tak zjistit, zda jsou přechody dobré. Poslední zkouškou je připojení kolektoru a emitoru mezi 1-2 – žárovka nesmí svítit. Je-li správná polarita kolektoru i emitoru a připojíme-li bázi ke kolektoru, tranzistor se stane vodivým, žárovka svítí. Pozor – můžeme zkoušet jen výkonové tranzistory a diody. U běžných nízkých tranzistorů a diod by značný proud žárovkou polovodičový přechod zničil.

**Zkoušení elektrolytických kondenzátorů:** kondenzátor připojíme do zdílek 1 a 2 (+ pól), žárovka se rozsvítí a kondenzátor se nabíjí. Po nabíjení žárovka zhasne. Délka svitu je úměrná kapacitě kondenzátoru, při kapacitě 1000  $\mu\text{F}$  je asi 0,5 s, při 10 000  $\mu\text{F}$  svítí žárovka 10× déle (asi 5 s). Svítí-li žárovka stále, má kondenzátor zkrat, nebo není připojen se správnou polaritou. Neblikne-li vůbec, má kondenzátor kapacitu menší než 0,5  $\mu\text{F}$ , nebo je přerušen.

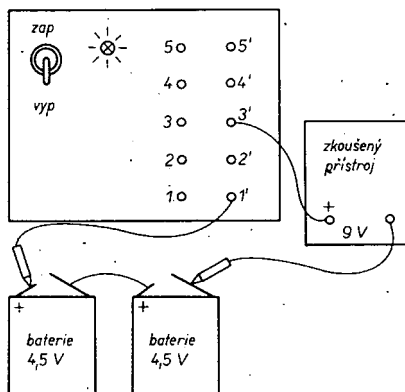
**Stejný zdroj:** baterie s napětím 4,5 V je vyvedena zdíčky 1-2, proud je omezen na 40 mA. Chceme-li použít stejnosměrný zdroj 4,5 V pro větší proud, zapneme spínač nebo připojíme zkoušený obvod do zdílek 1-1'. Můžeme odebrat proud až 100 mA, při větších proudcích se baterie rychle vybíjí (krátkodobě je schopna dát proud asi 0,5 A).

**Zkoušení odporů a kondenzátorů sluchátkem:** do zdílek 4-5 zapojíme sluchátka s odporem  $2 \times 2000 \Omega$  a do zdílek 1-3 připojíme zkoušený rezistor nebo kondenzátor. Není-li zkoušená součástka přerušena, ozve se v okamžiku připojení ve sluchátku „lupnutí“, tím silnější, čím je větší kapacita kondenzátoru, nebo čím je menší odpor rezistoru. Při zkoušce kondenzátoru se ozve lupnutí jen při prvním připojení nebo do té doby, než se kondenzátor nabije.

I když možnosti zkoušení jsou omezené, prokáže zkoušečka cenné služby. Při zkoušení napětí (obr. 2) ji připojujeme

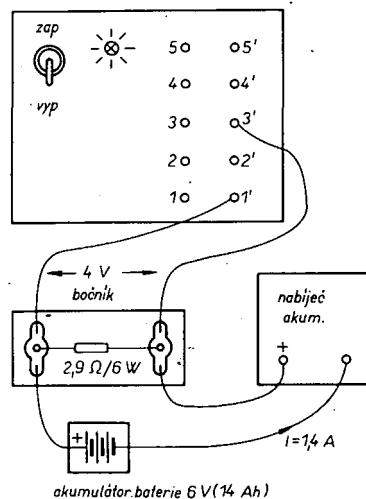


Obr. 2. Zkoušení napětí



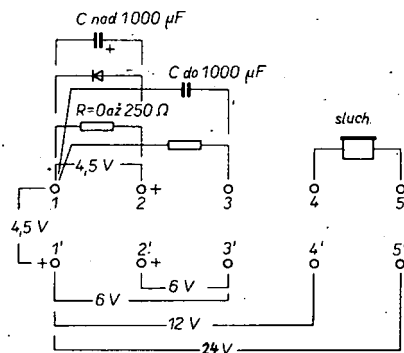
Obr. 3. Zkoušení proudu

paralelně ke svorkám zdroje, který musí být schopen dát alespoň proud, odpovídající spotřebě žárovky (více než 50 mA). Při zkoušení proudu (obr. 3) zapojujeme zkoušečku v sérii se spotřebičem a zdroj musí dávat větší napětí, než je úbytek napětí na žárovce, tedy více než 1 V při proudu 20 mA a více než 6 V při proudu 50 mA. Chceme-li zkoušet větší proudy, připojíme paralelně k žárovce (do zdílek 1'-3') rezistor, kterým protéká část zkoušeného proudu. Tomuto rezistoru říkáme bočník (obr. 4). Při zkoušení součástek

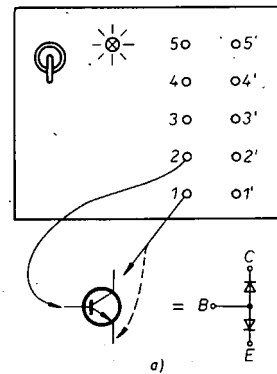


Obr. 4. Zkoušení většího proudu pomocí bočníku

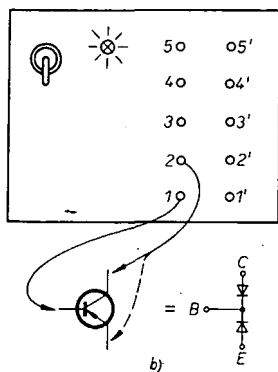
připojujeme zkoušené součástky podle obr. 5. Při zkoušení tranzistorů postupujeme podle obr. 6.



Obr. 5. Zkoušení součástek a jejich připojení



Obr. 6a.



Obr. 6. Zkoušení tranzistorů

### Trochu počítání

Vystačíme s Ohmovým zákonem. Základem zkoušečky je žárovka a baterie. Použijeme žárovku 6 V/0,05 A do zadních světel jízdních kol se závitem E10 a plochou baterii do kapesních svítilen. Připojíme-li na žárovku napětí, zjistíme, že vlákno viditelně žhne při 1 V (proud 20 mA), při 6 V protéká proud 50 mA a vlákno jasně svítí.

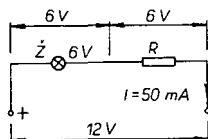
Měříme-li odpor vlákna za studena můstkem, naměříme 12 Ω. Odpor při 1 V a 20 mA vypočteme z Ohmova zákona:

$$R = U/I = 1 \text{ V} / 20 \text{ mA} = 0,05 \text{ k}\Omega = 50 \Omega.$$

Odpor  $R$  při 6 V a 50 mA je  $6 \text{ V} / 50 \text{ mA} = 0,12 \text{ k}\Omega = 120 \Omega$ . Za studena má tedy vlákno odpor až 10× menší než při jmenovitém napětí a proudu. Proudový náraz na zdroj (nebo spínací prvek – tranzistor) je v okamžiku sepnutí podle Ohmova zákona

$I = U/R = 6 \text{ V} / 12 \Omega = 0,5 \text{ A} = 500 \text{ mA}$ , tedy 10× větší, než je jmenovitý proud při rozsvícené žárovce.

**Předřadné rezistory pro zkoušení napětí 12 a 24 V:** protože rezistory jsou se žárovkou v sérii, musí obvodem pro plný svit žárovky protékat proud 50 mA, na žárovce je pak úbytek napětí 6 V a na  $R_2$  zbytek do 12 V, tedy také 6 V (obr. 7).



Obr. 7. Rozdělení napětí na odporu a žárovce

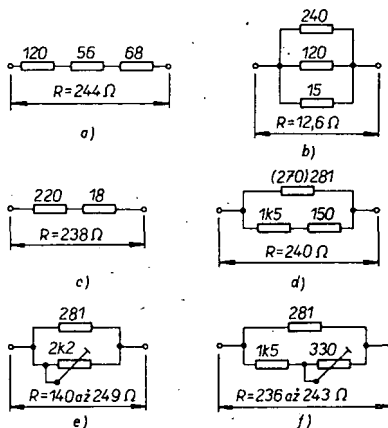
Odpor rezistoru  $R_2$  je podle Ohmova zákona:

$R_2 = U/I = 6 \text{ V} / 50 \text{ mA} = 0,12 \text{ k}\Omega = 120 \Omega$ . Pro výpočet  $R_3$  bereme v úvahu, že na něm musí vzniknout úbytek napětí, který je opět zbytkem do 24 V, tedy 12 V.

$$R_3 = U/I = 12 \text{ V} / 50 \text{ mA} = 0,24 \text{ k}\Omega = 240 \Omega.$$

$R_1$  volíme 12 Ω.

Nemáme-li rezistor požadovaného odporu, můžeme si pomoci zapojením dvou nebo několika rezistorů do série (obr. 8a) a to tak, aby součet jejich odporů dal požadovaný odpor:  $R = R_1 + R_2 + R_3$  atd. Např.: potřebujeme 240 Ω. Spojíme



Obr. 8. Sestavování potřebných odporů rezistorů; a) sériové zapojení, b) paralelní zapojení, c) sériové zapojení, d) sérioparalelní kombinace, e) zapojení s možností nastavit potřebný odpor, f) zapojení s možností jemného nastavení

fedy např. do série tři rezistory z řady E12, 120 + 56 + 68 Ω a dostaneme 244 Ω. Chceme-li tedy složit z malých odporů odpory větší, zapojujeme rezistory do série. Máme-li rezistory větších odporů než potřebujeme, můžeme je zapojit paralelně (obr. 8b) a pak sčítáme jejich vodivosti (vodivost je převrácená hodnota odporu):

$$\text{Obecně: } 1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3,$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{240} + \frac{1}{120} + \frac{1}{115}; R = 12,6 \Omega.$$

Často potřebujeme odpor, který není v běžné prodávané řadě rezistorů, např. 240 Ω. V řadě E12 (10 % tolerance) je nejbližší odpor 220 nebo 270 Ω. Máme dvě možnosti: použijeme rezistor menšího odporu (220 Ω) a do série s ním zapojíme zbytek do 240 Ω, tj. z řady E12 rezistor 18 nebo 22 Ω (obr. 8c).

Potřebujeme-li přesně 240 Ω, můžeme volit i odpor 270 Ω a paralelně k němu odpor větší. Rezistor přesně změříme (při toleranci ±10 % může mít 243 až 297 Ω). Naměřili jsme např. 281 Ω, paralelní odpor  $R_x$  vypočítáme

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{240} - \frac{1}{281}; R_x = 1644 \Omega = 1,644 \text{ k}\Omega.$$

Rezistor tohoto odporu se též neprodává, proto bychom museli použít dva z řady E12, např. 1,5 kΩ a 150 Ω (obr. 8d). Tyto v sérii zapojené rezistory můžeme nahradit odporovým trimrem 2200 Ω a potřebný odpor nastavíme (obr. 8e). Výhodnější je však rezistor v sérii s odporovým trimrem s malým odporem (obr. 8f).

**Výpočet zatížení rezistorů:** průchodem proudem se rezistor zahřívá a to tím více, čím větší výkon  $P$  elektrického proudu je přeměněn na rezistoru v teplo. Výkon  $P$  přeměněný na teplo lze vypočítat ze vztahu

$$P = UI (= U \times I = U \cdot I).$$

Jako příklad vypočítáme zatížení rezistoru 12 Ω při zkoušení baterií 4,5 V.

$$I = U/R = 4,5 \text{ V} / 12 \Omega = 0,375 \text{ A} = 375 \text{ mA}, \\ P = UI = 4,5 \text{ V} \cdot 0,375 \text{ A} = 1,68 \text{ W}.$$

Zatížení můžeme vypočítat i bez znalosti proudu, použijeme pouze jiný vzorec:  $P = U^2/R$ , kde  $U$  je úbytek napětí na rezistoru.

**Výpočet bočnicku k žárovce pro zkoušení větších proudů:** odpor bočnicku vypočteme tak, že zvolíme potřebný úbytek napětí pro rozsvícení žárovky (např. 4 V) a pak vypočteme odpor bočnicku pro zkoušený proud. Např. pro nabíjení baterie motocyklu proudem 1,4 A volíme proud žárovky asi 35 mA (při 4 V) a odečteme ho od 1,4 A.

$$\text{Odpor bočnicku: } R = U/I = \frac{4 \text{ V}}{(1,4 - 0,035) \text{ A}} = 1,365 \Omega.$$

Bočnick bude zatížen výkonem, který se mění v teplo (opět jiný vzorec):

$$P = RI^2 = 2,93 \cdot 1,365^2 = 5,46 \text{ W}.$$

Vypočteme si ještě, jaký proud můžeme zkoušet zkoušečkou při zapnutém spínači (k žárovce připojen paralelně rezistor 12 Ω). Víme, že žárovka viditelně žhne při proudu 20 mA a napětí 1 V. Odpor žárovky při 1 V a 20 mA je 50 Ω, celkový odpor zkoušečky s bočnickem 12 Ω bude:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_b} = \frac{1}{50 \Omega} + \frac{1}{12 \Omega}; R = 9,67 \Omega.$$

Proud pro úbytek napětí 1 V na bočnicku bude:

$$I = U/R = 1 \text{ V} / 9,67 \Omega = 0,103 \text{ A} = 103 \text{ mA}.$$

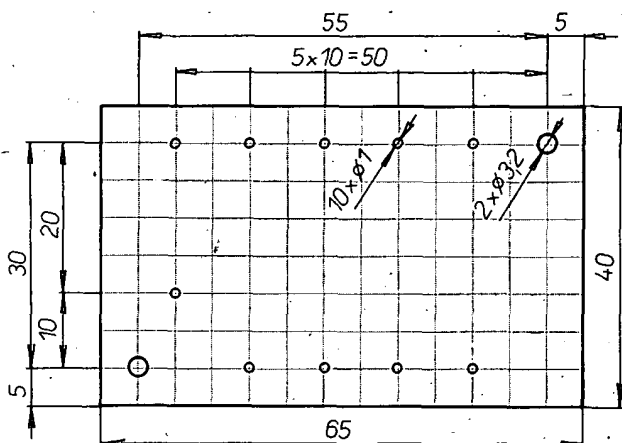
Při průchodu proudem asi 100 mA bude tedy žárovka viditelně žhnout. Ještě vypočteme, při jakém bude jasně svítit. Žárovka bez bočnicku jasně svítí při 6 V a 50 mA. Odpor je 120 Ω. Celkový odpor zkoušečky je tedy 10,9 Ω (počítáno s bočnickem). Potřebný proud pro úbytek napětí 6 V bude:

$$I = U/R = 6 \text{ V} / 10,9 \Omega = 0,55 \text{ A} = 550 \text{ mA}.$$

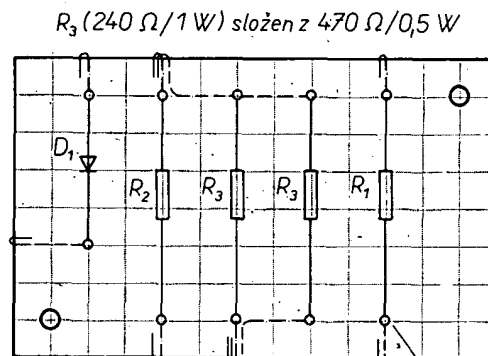
### Provedení zkoušečky

Použijeme zapojovací destičku z izolantu, do níž vyvrtáme díry (obr. 9). Součástky upevníme na destičku provlečením vývodů děrami a ohnutím. Vývody spájíme podle obr. 10. Destičku přišroubujeme dvěma vruty přes distanční podložky délky 10 mm z izolantu k základní desce z překližky o rozměru 130 × 90 a tloušťky 8 až 12 mm. K základní desce je přišroubován třemi vruty přední panel z izolantu o rozměru 130 × 90 a tloušťky 1,5 až 5 mm (obr. 11). Panel je větší než pro zkoušečku potřebujeme, ale poslouží i pro další pokusy, proto má také více děr. Do předního panelu vyvrtáme díry podle obr. 12 a nalepíme na něj štítek z kladívkové čtvrtky (obr. 13). Popis je tuší nebo propisotem, přestříkáme ho bezbarvým lakem a po zaschnutí vysekáme díry děrovačem nebo naostřenou trubkou. Štítek panelu přilepíme Resolvanem. Po nalepení štítku namontujeme zdířky, spínač a žárovkovou objímku (nebo žárovku s pryžovou „průchodkou“).

K žárovce pak připájíme dráty. Máme-li hotovou mechanickou část zkoušečky, propojíme destičku se součástkami se zdířkami, spínačem, žárovkou a baterií. Propojovací drát používáme měděný, izolovaný, tenký a pokud možno barevný. Respektujeme při tom normu ČSN o používání barev vodičů. Pro kladný pól napájení použijeme červený, pro záporný pól modrý drát, pro zemnicí spoje (u zkoušečky nejsou) zelený drát. Nakonec připevníme baterii příchytkou z plechu (obr. 14) a přívody připojíme kontaktními nástrčkami, které prodávají prodejny MODELÁŘ a prodejna DOSS Valašské Meziříčí.

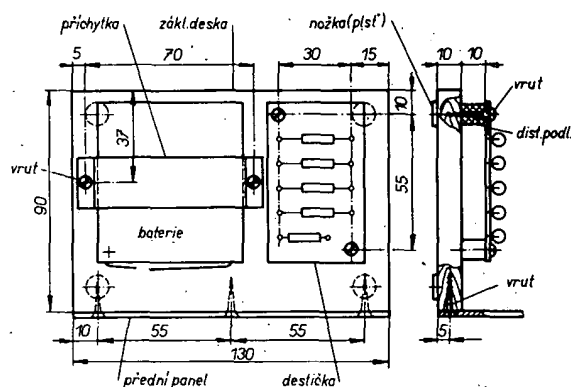


Obr. 9. Destička pro žárovkovou zkoušečku

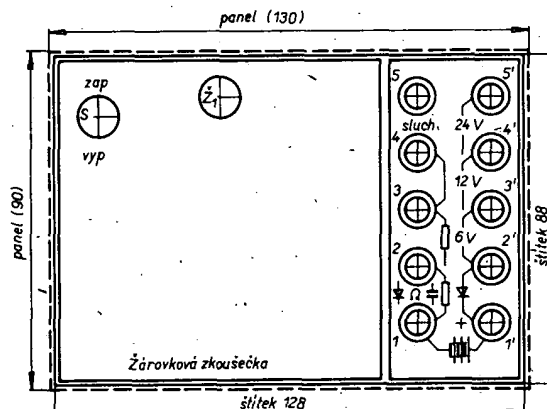


vývody prostrčit dírou o  $\phi 1$  mm, ohnout a zastráhnout

Obr. 10. Osazení destičky žárovkové zkoušečky a způsob propojení

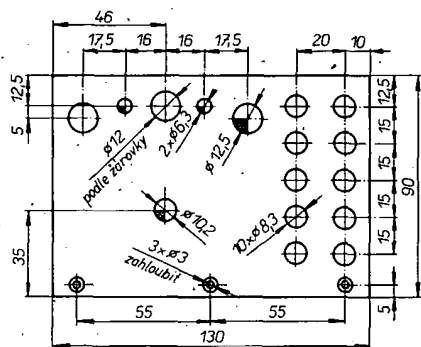


Obr. 11. Rozměry a uspořádání malé panelové jednotky



Pozn. - osy děr kreslit podle výkresového panelu obr. 12

Obr. 13. Rozměry štítku žárovkové zkoušečky podle A-1a



mat. - Al plech tl. 1,5 až 2 mm, nebo izolační mat. tl. 2 až 5 mm

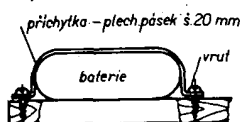
Obr. 12. Rozměry a vrtání předního panelu

(označené díry použijeme později)

Ve zkoušečce lze použít i jiné žárovky než 6 V/50 mA, jejich vlastnosti jsou v tab. 1.

Tab. 1. Údaje žárovek

Žárovka	Žhne při $U [V]$	$I [mA]$	Odpor $[Ω]$ za studena	rozsvícené žárovky	Poznámka (patice)
2,5 V/0,1 A	0,7	50	8,5	25	E10
2,5 V/0,3 A	0,5	150	0,9	8,3	E10
3,5 V/0,2 A	0,5	100	1,6	17,5	E10
6 V/0,05 A	0,8	20	15	120	E10
7 V/0,3 A	0,7	90	2,4	23	E10
6 V/0,08 A	0,7	270	0,8	7,5	E10
12 V/0,1 A	1,3	40	10	120	E10
12 V/0,05 A	1,7	18	52	240	telefonní
6 V/0,05 A	1,1	25	15,5	120	telefonní



Obr. 14. Způsob připevnění baterie

#### Rozpiska materiálu

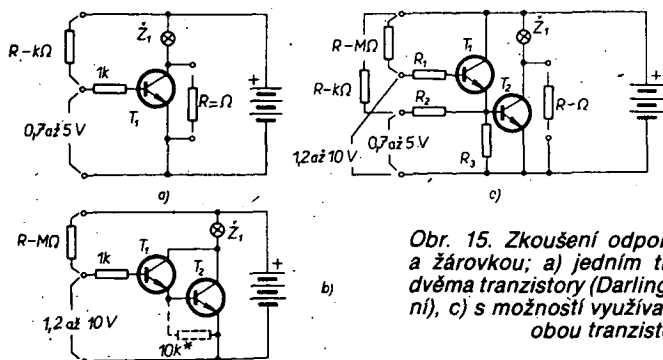
- 1 ks základní deska - překližka 130 x 90, tl. 8 až 12 mm
- 1 ks přední panel - Al plech, izolant, překližka, sololit 130 x 90, tl. 1,5 až 5 mm
- 1 ks spojovací destička - tvrdý papír, tvrdá tkanina, umakart 65 x 40, tl. 0,5 až 1,5 mm
- 1 ks držák baterie - Al plech, Ms plech, ocel, pozink. plech, 111 x 20, tl. 0,5 až 1 mm
- 1 ks štítek - kladivková čtvrtka
- 2 ks distanční podložka - izolant, pryžová hadička, délka 10 mm
- 3 ks vrut 2,5 x 15 mm
- 2 ks vrut 2,5 x 20 mm
- 2 ks vrut 2 x 10 mm
- 1 ks objímka na žárovku E10 (nebo pryžová průchodka)
- 10 ks zdířka izolovaná (nebo kovová pro přední panel z izolantu)
- S1 páčkový spínač
- Z1 žárovka E10, 6 V/0,05 A (nebo telefonní)
- D1 křemíková dioda KY130/80 (nebo jiná pro proud alespoň 0,05 A - napětí nerozhoduje)
- R1 vrstvý rezistor uhlíkový 12 Ω, 2 W
- R2 vrstvý rezistor uhlíkový 120 Ω, 0,5 W
- R3 vrstvý rezistor uhlíkový 220 až 240 Ω, 1 W
- 1 ks plochá baterie 4,5 V

Spojovací drát izolovaný barevný, lepidlo RE-SOLVAN nebo TENYL, bezbarvý lak (spray)

#### A-1b Žárovková zkoušečka s tranzistorem

Zkoušečka, kterou jsme si postavili, je jednoduchá, její možnosti jsou však omezeny velkou spotřebou žárovky. Zapojíme-li žárovku do kolektoru tranzistoru a zkoušet budeme v obvodu báze, zmenší se proud ve zkoušeném obvodu tím více, čím větší bude zesilovací činitel tranzistoru. Pro plné rozsvícení žárovky musí protékat kolektorem proud 40 mA. Bude-li zesilovací činitel tranzistoru  $h_{21E} = 40$ , pak proud báze  $I_B$  musí být 1 mA:  $h_{21E} = I_C/I_B = 40 \text{ mA}/1 \text{ mA} = 40$ . Použijeme-li tranzistor s  $h_{21E}$  např. 400 (KC509), pak potřebný proud  $I_B$  bude 0,1 mA = 100  $\mu A$ . Při zkoušení rezistorů tento proud proteče činitelem rezistorem  $R = U/I = 4,5 \text{ V}/0,0001 \text{ A} = 45\,000 \Omega = 45 \text{ k}\Omega$ . Zkoušečkou lze tedy zkoušet rezistory až s odporem 45 k $\Omega$ , kdy ještě žárovka svítí (tranzistor KC509 s  $h_{21E} = 400$ ). Použijeme-li však např. KF507 s  $h_{21E} = 40$ , bude odpor, při němž bude žárovka svítit, jen 4,5 k $\Omega$ . Zapojení žárovky s tranzistorem je na obr. 15a. Do přívodu báze je zapojen ochranný rezistor  $R_1$ , který chrání bázi tranzistoru před přetížením při malém odporu zkoušeného rezistoru. Ochranný rezistor musí omezovat proud báze na dovolenou velikost podle katalogu.

Často máme k dispozici jen tranzistory s malým zesilovacím činitelem  $h_{21E}$ . Pro zkoušení rezistorů velkých odporů si pomůžeme tzv. Darlingtonovým zapojením

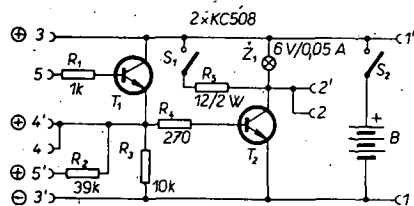


Obr. 15. Zkoušení odporu tranzistorem a žárovkou; a) jedním tranzistorem, b) dvěma tranzistory (Darlingtonovo zapojení), c) s možností využívat jednoho nebo obou tranzistorů

(obr. 15b), při němž celkový zesilovací činitel se rovná součinu  $h_{21E}$  obou tranzistorů. Např. při  $T_1 = KC508$ ,  $h_{21E} = 200$ ,  $T_2 = KF507$ ,  $h_{21E} = 40$ , bude celkový  $h_{21E} = 200 \times 40 = 8000$ .

Protože  $h_{21E} = I_C/I_B$ , bude  $I_B = I_C/h_{21E} = 40 \text{ mA}/8000 = 0,005 \text{ mA}$ ; můžeme tedy zkoušet rezistory s odporem až:  $R = U/I = 4,5 \text{ V}/0,005 \text{ mA} = 900 \text{ k}\Omega$ .

Při praktickém zapojení často zbytkový proud tranzistoru  $T_1$  „potevře“ tranzistor  $T_2$  tak, že žárovkou protéká nežádáný proud. Tranzistor  $T_2$  uzavřeme přidáním rezistoru mezi bázi a emitor. Někdy je třeba zmenšit i zbytkový proud tranzistoru  $T_1$  zařazením podobného rezistoru, zejména u tranzistorů germaniových. Tranzistory můžeme zapojit také podle obr. 15c a můžeme zkoušet odpory řádu  $\Omega$ ,  $\text{k}\Omega$  a  $\text{M}\Omega$ . Zapojení vylepšené zkoušečky je na obr. 16.

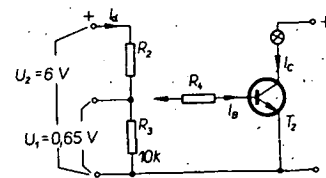


Obr. 16. Celkové zapojení žárovkové zkoušečky

### Použití zkoušečky

Zdělky: Funkce:

- 1'-2' zkoušení napětí 1 až 6 V (max. 8 V), zkoušení proudů 20 až 50 mA (max. 60 mA), zkoušení proudů 100 až 550 mA (se sepnutým spínačem bočníku), zkoušení baterií a monočlánků,
- 3'-4' zkoušení napětí od 0,7 do 5 V s malou spotřebou,
- 3'-5' zkoušení napětí od 6 do 12 V s malou spotřebou (při obojím zkoušení je nutno dodržet polaritu, při střídavém napětí svítí žárovka méně),
- 1-2 zkoušení rezistorů 0 až 250  $\Omega$ , zkoušení elektrolytických kondenzátorů od 1000  $\mu\text{F}$ , zkoušení diod a tranzistorů – jen výkonových!, zdroj stejnosměrného napětí 4,5 V pro malé proudy,
- 3-4 zkoušení rezistorů do 1  $\text{k}\Omega$ , zkoušení elektrolytických kondenzátorů od 1  $\mu\text{F}$ , zkoušení diod a nř tranzistorů,
- 3-5 zkoušení rezistorů do 1  $\text{M}\Omega$ , zkoušení kondenzátorů od 47 nF,
- 1-1' zkoušení vř diod a vř tranzistorů, zdroj stejnosměrného napětí 4,5/0,1 A (max. 0,5 A).



Obr. 17. Zapojení pro zkoušení napětí většího než 0,65 V

Pro zkoušení větších napětí použijeme  $R_2$ , který tvoří s  $R_3$  dělič napětí. K  $R_3$  je paralelně připojen obvod  $T_2$  s  $R_4$ , což zmenšuje odpor rezistoru  $R_3$  (obr. 17). Vypočteme přibližný vstupní odpor  $T_2$ . Uvažujeme KC508 ( $h_{21E} = 200$ ). Pro potřebný proud žárovky 20 mA (vlákno žhne) bude proud báze  $I_B = I_C/h_{21E} = 20 \text{ mA}/200 = 0,1 \text{ mA} = 100 \mu\text{A}$ .

Vstupní odpor  $R_{vst}$  bude přibližně:

$$R_{vst} = U_B/I_B = 0,65 \text{ V}/0,1 \text{ mA} = 6,5 \text{ k}\Omega.$$

K  $R_3$  je připojen paralelně odpor  $R_{vst} = 6,5 \text{ k}\Omega$ , výsledný odpor

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{vst}} = \frac{1}{10 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{6,5 \text{ k}\Omega}; R = 3,9 \text{ k}\Omega.$$

Pro výpočet  $R_2$  musíme znát proud děliče  $I_d$ , při němž začne žárovka žhnout. Měřením jsme zjistili na  $R_3$  napětí 0,65 V.

Proud  $I_d$ :

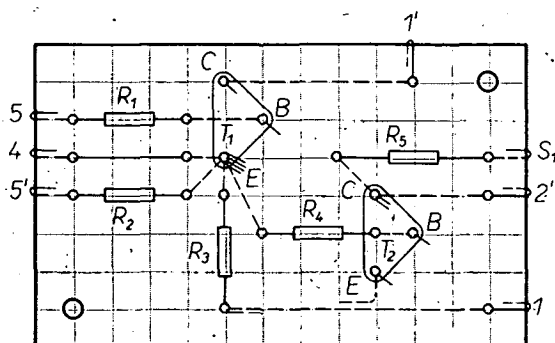
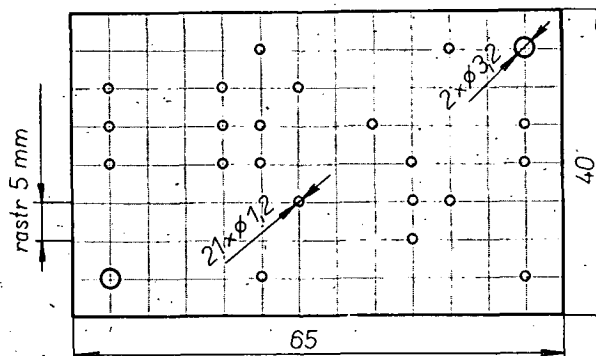
$$I_d = U/R = 0,65 \text{ V}/3,9 \text{ k}\Omega = 0,16 \text{ mA}.$$

Chceme, aby  $R_2$  měl takový odpor, aby při 6 V žárovka začala žhnout:

$$R_2 = (U_2/I_d) - R = (6 \text{ V}/0,16 \text{ mA}) - 3,9 \text{ k}\Omega = 33,6 \text{ k}\Omega.$$

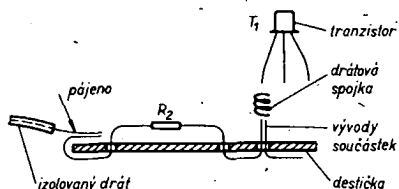
Obr. 18. Rozměry destičky a rozmístění děr zkoušečky

Obr. 19. Rozmístění součástek a způsob propojení (pohled ze strany součástek)



## Provedení zkoušečky

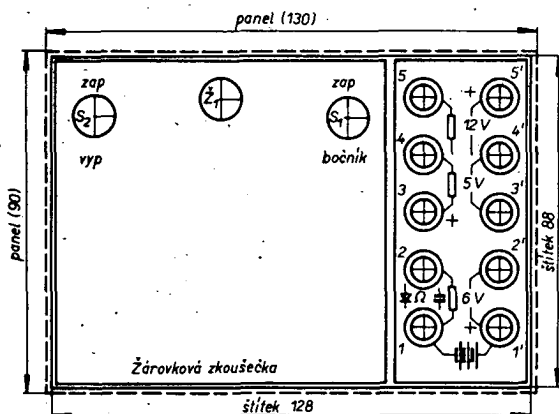
Mechanická část je stejná jako u zkoušečky A-1a, přední panel má o jednu díru pro páčkový spínač více. Zapojovací destička je z izolantu a díry do ní vrtáme podle obr. 18. Díry pro vývody vrtáme vrtákem o  $\varnothing 1,2$  mm (jednou dírou provlečeme několik drátů) a pro přichycení destičky o  $\varnothing 3,2$  mm. Destičku osadíme součástkami podle obr. 19. Všechny součástky před montáží na destičku změříme – pamatujeme si, že všechny a vždycky! Čárkované čáry na obrázku jsou spoje na straně spojů. Na okraji destičky je každý vývod ukončen ohnutím a zaštipnutím podle obr. 20. V bodech připojení tranzistorů a pájení tranzistorů na destičku



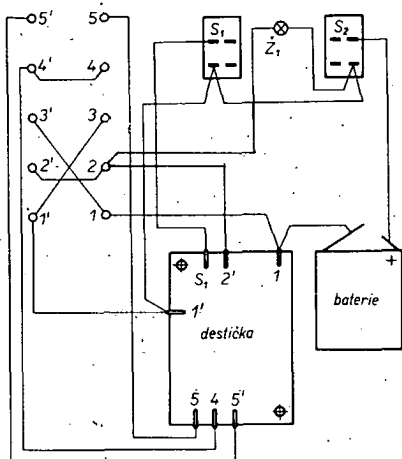
Obr. 20. Způsob provlečení vývodů rezistorů a pájení tranzistorů na destičku

torů provlečeme vývody na stranu součástek, zaštipneme na délku 5 mm a vyrovnáme kolmo k destičce. Na vývody navlečeme spojku délky 3 mm s vnitřním průměrem asi 2 mm, zhotovenou navinutím holého spojovacího drátu na tyčinku nebo vrták o  $\varnothing 1,5$  až  $1,8$  mm a nastříháme na délku asi 3 mm. Spojka drží vývody součástek pohromadě, dobře se pájí. 6 kusy spojek připájíme tranzistory podle obr. 20.

Zkoušečku (panel) sestavíme podle obr. 16 a 21, 22.

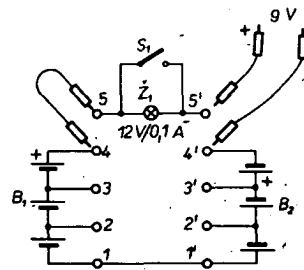


Pozn. – asy děr kreslit podle výkr. čelního panelu obr. 12



## Oživení

Nejprve zkontrolujeme správnost zapojení. Připojíme baterii, zapneme spínač  $S_2$  (zapnutí = páčka vždy nahoru). Žárovka nesmí svítit. Při propojení zdílek 1–2 se musí rozsvítit. Krátkodobým sepnutím spínače  $S_1$  se přesvědčíme o stavu baterie. Při dobré baterii se svítí žárovky změně jen nepatrně. Pozor – nesmíme nechat delší dobu  $S_1$  v poloze zapnuto, baterie se velmi rychle vybijí. Zkusíme připojit různé rezistory (10 až 270  $\Omega$ ) a všimneme si, jak se mění svít žárovky. Pak vyzkoušíme obvod  $T_2$  propojením zdílek 3–4. Žárovka se rozsvítí. Zkusíme připojit různé rezistory – žárovka by měla ještě ztuhnout při rezistorech s odporem přes 1 k $\Omega$ . Další zkouškou je ověření činnosti  $T_1$ . Propojíme zdíčky 3–5 a žárovka se musí opět rozsvítit. Její vlákno musí ztuhnout při připojení rezistoru 680 k $\Omega$  až 1 M $\Omega$  případně i více – záleží na  $h_{21E}$  obou tranzistorů. Nakonec přezkoušíme zkoušečku napětím. Do zdílek 1–2' přivedeme napětí, bez ohledu na polaritu (i střídavé), např. z další ploché baterie – žárovka se rozsvítí. Svítí i při vypnutém spínači  $S_2$ . Další zkouškou je připojení napětí z baterie do zdílek 3' a 4' (plus pól). Žárovka se rozsvítí. Máme-li možnost připojit zkoušečku na výstup regulovatelného zdroje, zjistíme, že žárovka svítí ještě při 0,7 V. Větší napětí než 5 V do zdíčky 4' nepřipojujeme – hrozí poškození tranzistoru. Poslední zkouškou je připojení napětí z dvou plochých baterií v sérii do zdílek 3'–5'. Žárovka musí svítit. Svítí ještě při napětí 6 V, nepřipojujeme napětí větší než 12 V! Při zkoušení napětí si uvědomujeme, že připojíme-li do zdílek 1'–2' napětí střídavé nebo stejnosměrné, žárovka svítí stejně, ale při jejich připojení do zdílek 3'–4' nebo 3'–5' svítí žárovka při střídavém proudu méně, neboť se napětí jednoduše usměrňuje na přechodu báze-emitor.



Zdíčky	Možnosti napájecího napětí		
4	+9 V	0	+4,5 V
3	+7,5 V	-1,5 V	+3 V
2	+6 V	-3 V	+1,5 V
1-1'	+4,5 V	-4,5 V	0
2'	+3 V	-6 V	-1,5 V
3'	+1,5 V	-7,5 V	-3 V
4'	0	-9 V	-4,5 V

Obr. 23. Schéma zapojení jednoduchého bateriového zdroje

rie. Zapojení zdroje je obr. 23; zdroj postavíme opět do panelu. Zdroj na stejném principu lze postavit i z akumulátorů NiCd, které lze dobíjet. Použité zapojení dovoluje používat zdroj i jako souměrný s nulou uprostřed (žárovka může být zapojena v obvodu „nuly“). Žárovku můžeme zkratovat spínačem, tím vyřadit ochranu a zvětšit výstupní napětí o úbytek napětí na žárovce. Tento zdroj má omezenou kapacitu, tj. proud (mA) x čas (hodiny), která je daná použitými články baterie, proto jeho zatížení musíme přizpůsobit dovolenému vybíjecímu proudu. Pro náš účel vyhoví nejlépe baterie pro tranzistorová rádia, neboť má při malých vybíjecích proudech rychlou schopnost zotavování – nejdéle vydrží. Potřebujeme-li větší vybíjecí proudy a spokojíme-li se s kratší dobou života, použijeme baterie pro hračky nebo kapesní svítilny (tab. 2

Tab. 2. Suché články a baterie pro zařízení s tranzistory

Označení	Typ	Jmen. napětí [V]	Vybíjecí odpor [ $\Omega$ ]	Vybíjecí doba [hodin]	Název
6F22	50D	9	900	25	baterie destičková
R14	83	1,5	75	70	monočlánek
R20	87	1,5	40	150	malý monočl.
R14	134	1,5	75	100	malý monočl. velký monočl.
R20	144	1,5	40	150	malý – papír monočl.
R6	155	1,5	150	110	velký – papír monočl.
2R10	224	3	300	100	tužkový – papír baterie malá
3R12	314	4,5	225	100	kulatá baterie plochá

Poznámka: Vybíjení přerušované – 4 hodiny denně.

## A-2a Jednoduchý bateriový zdroj

Pro práci s polovodičovými prvky potřebujeme zdroj stejnosměrného proudu. Pro první pokusy stačí suché baterie. Než budeme umět postavit zdroj s plynulou regulací, využijeme sériového zapojení plochých baterií: Zapojíme-li ploché baterie do série a vyvedeme-li z každého článku vývod na zdíčku, získáme přepínatelný zdroj. Abychom zamezili přetížení baterií nebo ochránili zkoušený obvod před velkým proudem při případné chybě, využíváme opět žárovky. Můžeme ji připojit kablíkem ke kterémukoli vývodu bате-

a 3). V zásadě lze uvést, že trvale lze suchý článek zatěžovat proudem asi 10 mA na 1 cm<sup>2</sup> činné plochy zinkové elektrody a krátkodobě je článek schopen dát proud až 10× větší.

Se zdrojem pracujeme tak, že zvolíme velikost a polaritu potřebného napětí a do příslušných zdílek připojíme kablíky s banánky. Minus pól zpravidla vedeme přímo k zátěži a plus pól vedeme krátkým kablí-

◀ Obr. 22. Zapojovací výkres zkoušečky

Tab. 3. Suché články a baterie pro kapesní svítilny

Označení IEC	Typ	Jmen. napětí [V]	Vybíjecí odpor [Ω]	Vybíjecí doba [minut]	Název
R12	113	1,5	5	210	monočl.
R20	143	1,5	5	690	střední monočl.
R6	154	1,5	5	75	velký monočl.
3R12	313	4,5	15	210	tužkový baterie plochá

**Poznámka:** Vybíjení nepřerušované na určitou, vždy stejnou úroveň (40 až 60 % jmen. napětí), zotavení a znovupřerušované vybíjení.

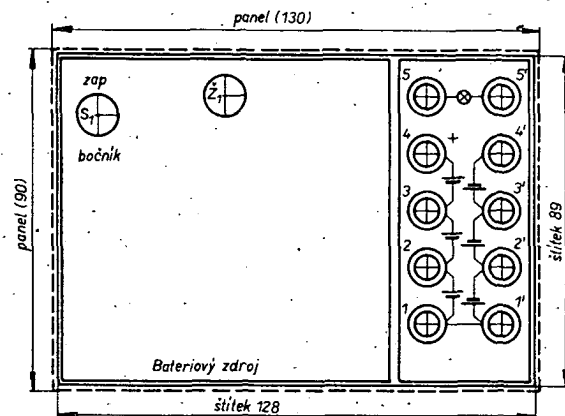
kem na jeden vývod žárovky a z druhého k zátěži. Podle svitu vláknem odhadneme odběr proudu, je-li vše v pořádku, sepne se spínač  $S_1$ , čímž žárovku vyřadíme z obvodu. Ke zdroji si zhotovíme 3 ks kabelů (Cu lanko, průřez 0,35 až 0,5 mm<sup>2</sup> – 2 kusy delší a 1 kus kratší) s banánky na obou koncích. Dbáme na barvu banánků – červená plus pól, modrá minus pól.

#### Trochu počítání

Zajímá-li nás, jak dlouho baterie při práci vydrží, postupujeme takto: ve zdroji budeme mít 2 ploché baterie typu 314. Z tab. 2 zjistíme, že při vybíjecím odporu 225 Ω, tj. při proudu:  $I = U/R = 4,5 \text{ V} / 225 \Omega = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$  a při vybíjení po 4 hodiny denně má baterie po 100 hodinách provozu ještě napětí 2,7 V. Budeme uvažovat průměrné napětí z celé vybíjecí doby (3,6 V), průměrný proud bude  $I = U/R = 3,6 / 255 = 16 \text{ mA}$ . Kapacita baterie  $Q$  v miliampérhodinách tedy bude:  $Q = It = 16 \text{ mA} \cdot 100 \text{ hodin} = 1600 \text{ mAh}$ . Budeme-li odebrat proud 10× větší, tj. 160 mA, bude vybíjecí doba teoreticky 10× kratší.

#### Provedení zdroje

Mechanická část je stejná jako u zkoušečky A-1a. Štítek na přední panel zhotovíme podle obr. 24. Po sestavení panelu štítek nalepíme provizorně, neboť budeme zdroj později vylepšovat. Namontujeme zdířky, spínač a žárovku. Baterie přišroubujeme přichytkou tak, že budou položeny na sobě k čelu panelu. Vývody připájíme ke zdířkám, zapojíme spínač paralelně k žárovce a zdroj je hotov.



Pozn. – osy dár kreslit podle výkreselného panelu obr. 12

#### Uvedení do chodu

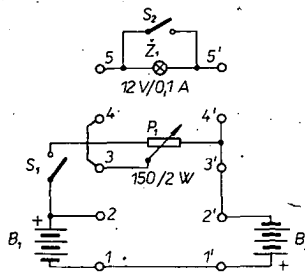
Zkoušečkou nebo měřicím přístrojem přezkoušíme napětí na jednotlivých zdířkách, musí souhlasit polarita i velikost napětí.

#### Rozpiska materiálu

- 1 ks kompletní panel se zapojovací destičkou, štítkem, vruty, a 10 ks zdířek (viz A-1a)
- 1 ks držák baterie – Al plech, Ms plech, ocel. pozink. plech 158 × 20, tl. 0,5 až 1 mm
- 1 ks objímka na žárovku E10, nebo pryžová průchodka
- $S_1$  páčkový spínač
- $Z_1$  žárovka E10 – 12 V/0,1 A
- $B_1, B_2$  baterie plochá 4,5 V, 2 ks

#### A-2b Bateriový zdroj s regulací tranzistorem

Ze zdroje A-2a můžeme odebrat různá napětí, ale jen po skocích, výstupní napětí nelze regulovat plynule. Chceme-li mít zdroj s plynulou regulací, můžeme použít drátový potenciometr a použít jej jako proměnný dělič napětí (obr. 25). Toto



Obr. 25. Schéma zapojení bateriového zdroje s regulací drátovým potenciometrem

uspořádání je velmi jednoduché, nevýhodou je velká spotřeba děliče. Proud protékající odporem potenciometru (děličem) musí být několikanásobně (5× a u dobrých děličů až 10×) větší, než je proud odebíraný. Budeme-li chtít odebrat ze zdroje proud 11 mA, musí děličem protékat alespoň 55 mA. Odpor drátového potenciometru bude při použití dvou plochých baterií, tj. 9 V, podle Ohmova zákona:  $R = U/I = 9 \text{ V} / 55 \text{ mA} = 0,16 \text{ k}\Omega = 160 \Omega$ . Většina drátových potenciometrů je vyráběna v řadě E12, použijeme potenciometr

s nejbližším odporem, tj. 150 Ω. Musíme určit ještě jeho zatížení:  $P = U^2/R = 9^2 \text{ V} / 150 \Omega = 0,54 \text{ W}$ . S ohledem na jemnost nastavení budeme volit potenciometr s větší délkou odporové dráhy, tj. větší typ (2 W), vyráběný pod označením WN69170, případně WN69185. Chceme-li použít potenciometr, který náhodou máme, musíme mít na paměti, že z děliče (potenciometru) lze odebrat proud rovný 1/5 až 1/10 proudu protékajícího děličem. Čím menší odpor bude potenciometr mít, tím větší proud můžeme z jeho běžce odebrat, ale tím více se bude odporová dráha ohřívát a tím rychleji se vyčerpá baterie, i když odběr proudu z běžce potenciometru bude malý (obr. 26a). Zdroje s plynule nastavitelným výstupním napětím se proto řeší jinak: použijeme-li v zapojení tranzistor se zesilovacím činitelem  $h_{21E} = 60$ , pak chceme-li odebrat proud až 50 mA, stačí k řízení tranzistoru proud báze  $I_B$ :

$$I_B = I_C / h_{21E} = 50 \text{ mA} / 60 = 0,83 \text{ mA}$$

Potřebný proud z děliče (potenciometru) bude tedy 0,83 mA. Chceme-li, aby se napětí z potenciometru měnilo lineárně, necháme jím protékat proud 10× větší, tj. 8,3 mA. Použitím tranzistoru lze tedy zmenšit značně proud z baterie do děliče (oproti použití samotného potenciometru, navíc lze použít libovolný potenciometr, neboť tepelné ztráty na něm budou nepatrné. Nejvhodnější odpor odporové dráhy bude  $R = U/I = 9 \text{ V} / 8,3 \text{ mA} = 1,08 \text{ k}\Omega$ , z řady E6 to bude 1 kΩ (obr. 26b). Abychom ochránili tranzistor před zničením při náhodném zkratu, zařadíme do kolektoru ochranný rezistor  $R_2$ , který nepropustí větší proud, než jaký snese kolektor tranzistoru. Použijeme-li jako regulační tranzistor KF507, který má podle katalogu  $I_{CM} = 500 \text{ mA}$ , bude  $R_2$ :

$$R_2 = U/I = 9 \text{ V} / 500 \text{ mA} = 0,018 \text{ k}\Omega = 18 \Omega$$

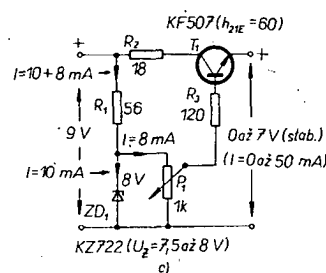
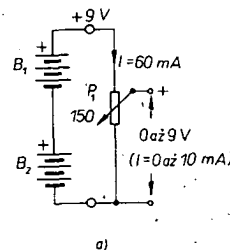
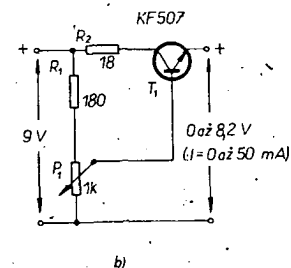
Tepelná ztráta na  $R_2$  při zkratu bude:

$$P_{R_2} = UI = 9 \text{ V} \cdot 500 \text{ mA} = 4500 \text{ mW} = 4,5 \text{ W}$$

Vzhledem k tomu, že zkrat nebude nikdy trvalý, jen krátkodobý, použijeme rezistor pro zatížení např. 2 W.

Rezistor  $R_1$  chrání bázi tranzistoru před přetížením při otočení běžce potenciometru směrem ke kladnému pólu zdroje;  $R_1$  bude záviset na dovoleném proudu

Obr. 26. Zapojení plynule regulovatelného zdroje; a) s drátovým potenciometrem, b) s potenciometrem a regulačním tranzistorem, c) s regulačním tranzistorem a Zenerovou diodou jako stabilizátorem



Obr. 24. Rozměry a provedení štítku zdroje

báze  $I_{BM}$  použitelného tranzistoru. Pro KF507 je  $I_{BM} = 50 \text{ mA}$ ;  $R_1$  bude tedy:

$$R_1 = U/I = 9 \text{ V} / 50 \text{ mA} = 0,18 \text{ k}\Omega = 180 \Omega.$$

Popisované zapojení za uvedených podmínek pracuje dobře. Napětí lze plynule regulovat potenciometrem. Při změně zátěže nebo při změně baterie se však mění i výstupní napětí – jde tedy jen o regulátor. Maximální výstupní napětí je menší o úbytek na tranzistoru (asi 0,8 V) a o úbytek na  $R_2$  podle odebíraného proudu. Při maximálním odebíraném proudu 50 mA bude na  $R_2$  úbytek:

$$U_{R2} = R_2 I = 18 \Omega \cdot 50 \text{ mA} = 900 \text{ mV} = 0,9 \text{ V}.$$

Výstupní napětí lze tedy regulovat v rozmezí 0 až  $9 - (0,8 + 0,9) \text{ V} = 0 \text{ až } 7,3 \text{ V}$ .  $R_2$  je třeba použít pro zatížení 45 mW, vyhoví tedy miniaturní vrstvý uhlíkový rezistor  $S P = 0,125 \text{ W}$ .

Ve zdroji pracuje tranzistor jako proměnný odpor, budou na něm proto také tepelné ztráty, které se mění podle toho, na jaké napětí je zdroj nastaven, nebo lépe, jaký úbytek napětí na tranzistoru vzniká při odebíraném proudu. Připojíme-li např. ke zdroji jako zátěž rezistor  $150 \Omega$ , bude jím při 7,3 V protékat proud asi 50 mA. Ztráty na tranzistoru budou:

$$P_{T1} = U_{T1} I = 0,8 \text{ V} \cdot 50 \text{ mA} = 40 \text{ mW}.$$

Tranzistor v tomto režimu pracuje jako spínač, je úplně otevřený a proto jím může protékat i značný proud (mezní kolektorový proud) a není výkonově přetížen. Zdálo by se, že můžeme pro zapojení použít jakýkoli tranzistor. Co se však stane, zmenšíme-li výstupní napětí přibližně na polovinu (4 V)? Pak proud v obvodu se stejnou zátěží ( $150 \Omega$ ) bude:

$$I = U/R = 4 \text{ V} / 150 \Omega = 0,026 \text{ A} = 26 \text{ mA}.$$

Úbytek napětí na  $R_2$  při proudu 26 mA bude:

$$U_{R2} = R_2 I = 18 \Omega \cdot 26 \text{ mA} = 468 \text{ mV} = 0,468 \text{ V}.$$

Úbytek napětí na  $T_1$  bude zbytkem z 9 V:

$$U_{T1} = 9 - (0,468 + 0,9) \text{ V} = 7,632 \text{ V}.$$

Ztráta na tranzistoru  $T_1$  bude:

$$P_{T1} = U_{T1} I = 7,632 \text{ V} \cdot 26 \text{ mA} = 198,432 \text{ mW}.$$

Jak se bude měnit ztráta na tranzistoru, budeme-li napětí dále zmenšovat, např. na 1 V? Proud zátěží (i v celém obvodu)

bude:  $I = U/R = 1 \text{ V} / 150 \Omega = 0,0066 \text{ A} = 6,6 \text{ mA}$ . Úbytek napětí na  $R_2$  zanedbáme a na tranzistoru je zbytek z 9 V, tj.  $9 - 1 \text{ V} = 8 \text{ V}$ . Ztráta na tranzistoru  $T_1$  bude:

$$P_{T1} = U_{T1} I = 8 \text{ V} \cdot 6,6 \text{ mA} = 52,8 \text{ mW}.$$

Vidíme, že tranzistor je nejvíce výkonově zatěžován při připojení stále zátěže v okamžiku, kdy je na něm asi polovina napětí zdroje. Jiná situace nastane, připojíme-li na výstup zdroje zátěž, která při napětí 1 V odebírá 50 mA. Ztráta na  $T_1$  bude pak podstatně větší. Tentokrát počítáme i s úbytkem napětí na  $R_2$ . Úbytek na  $T_1$  bude:

$$U_{T1} = 9 \text{ V} - (U_{R2} + U_{\text{vyst.}}) = 9 \text{ V} - (0,468 + 1) = 7,532 \text{ V}.$$

Ztráta na tranzistoru  $T_1$  bude:

$$P_{T1} = U_{T1} I = 7,532 \text{ V} \cdot 50 \text{ mA} = 376,6 \text{ mW} = 0,376 \text{ W}.$$

Výpočtem jsme zjistili, jak je regulační tranzistor různě namáhán za různých podmínek odběru proudu. Chceme-li stanovit správně vhodný typ regulačního tranzistoru (případně i jeho chladič), je třeba uvažovat všechny možnosti jeho zatěžování. V katalogu najdeme dovolenou ztrátu  $P_{\text{tot}}$  pro tranzistor KF507 ( $P_{\text{tot}} = 0,8 \text{ W}$ , což našim požadavkům vyhovuje).

Zdroj výstupní napětí nestabilizuje. Vhodnější je proto zapojení na obr. 26c, kdy se potenciometr (napěťový dělič) napájí ze stabilizovaného napětí 8 V, které získáváme na stabilizační diodě (Zenerova dioda). Výstupní napětí se nemění při změnách napětí napájecí baterie, pokud se její napětí nezmění pod 8 V, kdy se přestává uplatňovat stabilizační účinek Zenerovy diody. Zdroj dává na výstupu napětí regulovatelné od 0 do 7 V, jeho maximální velikost dána napětím na Zenerově diodě, od něhož musíme odečíst úbytek napětí na tranzistoru.

Novým prvkem v zapojení je Zenerova dioda. Vzhledem k tomu, že se stabilizátor tvořeného Zenerovou diodou odebíráme malý proud, volíme nejmenší typ KZ722 (280 mW). Zenerovo napětí diody je podle katalogu 6,8 až 9,4 V. Pro náš zdroj bychom měli vybrat takovou diodu, která má Zenerovo napětí 7,5 až 8 V. Podle katalogu může protékat diodou proud 1 až 30 mA. Volíme 10 mA. Na diodu můžeme připojit napětí 9 V pouze přes ochranný rezistor  $R_1$ , kterým musí protéci při 9 V proud potenciometru

(8 mA) a zvolený proud diody (10 mA). Celkový proud procházející  $R_1$  bude:

$$I_{R1} = I_{P1} + I_{ZD1} = 8 + 10 \text{ mA} = 18 \text{ mA}.$$

Napětí na  $R_1$  bude rozdílem napájecího napětí baterie (9 V) a napětí na Zenerově diodě  $U_{ZD1}$  (8 V), tedy 1 V,  $R_1$  tedy bude:

$$R_1 = U_{R1} / I_{R1} = 1 \text{ V} / 18 \text{ mA} = 0,055 \text{ k}\Omega = 55 \Omega.$$

Volíme vyráběný rezistor v řadě E12, tj.  $56 \Omega$ , zatížení určete sami. Protože  $R_1$  nevyhovuje jako ochranný rezistor pro bázi regulačního tranzistoru, zařadíme zbylý odpor do dříve vypočítaného ( $180 \Omega$ ) přímo do obvodu báze  $T_1$ , jako  $R_3$ :  $R_3 = 180 \Omega - R_1 = 180 - 56 = 124 \Omega$ . Volíme z řady E12 –  $R_3 = 120 \Omega$ . Konečné provedení zdroje odpovídá zapojení na obr. 27.

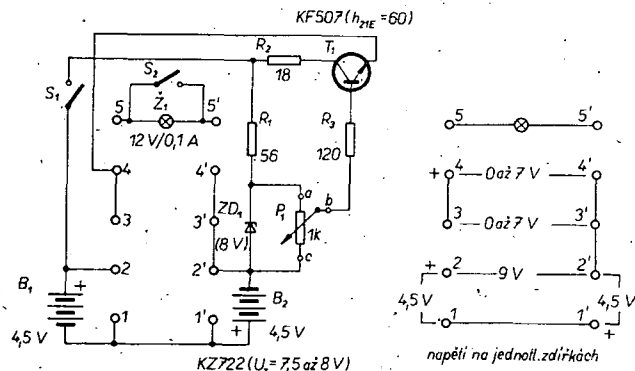
## Použití a funkce

Regulovatelný zdroj se stabilizací používáme při uvádění jednoduchých zařízení s malou spotřebou do chodu. Na panelu zdroje zůstává žárovka 12 V/0,1 A s paralelně zapojeným spínačem. Používáme ji jako pojistku, nebo kontrolu odběru.

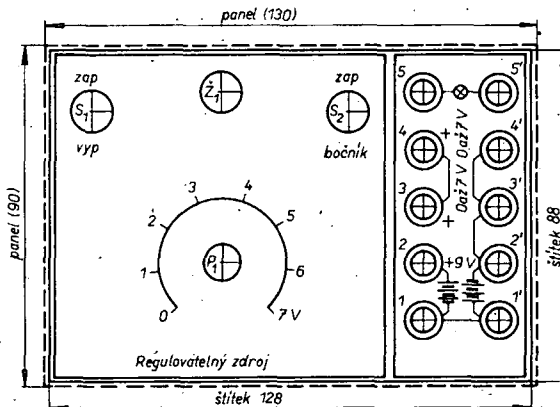
## Provedení zdroje

Před zhotovením zdroje se rozhodneme, vylepšíme-li zdroj podle A-2a, nebo budeme-li stavět nový. V druhém případě zhotovíme nový panel, se štítkem podle obr. 28. Součástky zapojíme opět na izolační destičce s dírami podle obr. 29, kterou osadíme podle obr. 30.

Ještě k Zenerově diodě: pro správnou funkci potřebujeme diodu s napětím  $U_Z = 7,5$  až 8 V. Uvedený typ se prodává s napětím  $U_Z = 6,8$  až 9,4 V. Nemáme-li možnost si diodu vybrat, koupíme diodu s menším  $U_Z$ , tj. KZ721 s  $U_Z = 5,6$  až 7,8 V a její Zenerovo napětí zvětšíme podle potřeby obyčejnými křemíkovými diodami, zapojenými do série (obr. 31). Pro naše zapojení můžeme použít jakoukoli diodu. Na přidaných diodách, zapojených v propustném směru, vzniká úbytek napětí asi 0,6 V (vždy rozhodně menší než 1 V), čímž lze podle potřeby zvětšit napětí  $U_Z$ . Je možné použít i diody germaniové, na nichž je úbytek napětí asi poloviční oproti křemíkovým. Pozor při zapojování na správnou polaritu diod, jinak stabilizátor nemůže pracovat.

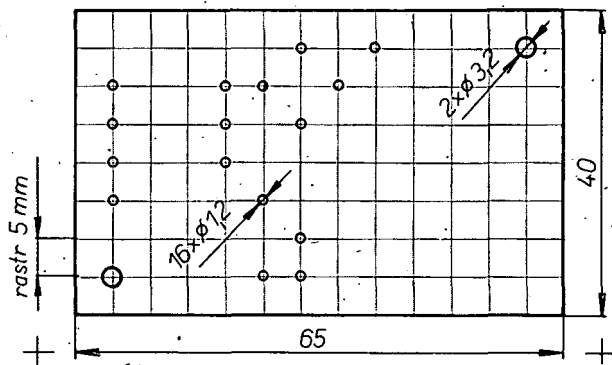


Obr. 27. Schéma zapojení stabilizovaného regulovatelného zdroje



Pozn. – osy děr kreslit podle výkř. čelního panelu obr. 12

Obr. 28. Rozměry a provedení štítku zdroje



Obr. 29. Rozměry destičky zdroje a provedení děr

Použijete-li ve zdroji germaniový tranzistor, velký zbytkový proud způsobí, že zdroj nebude při malém zatížení pracovat od nuly.

### Uvedení do chodu

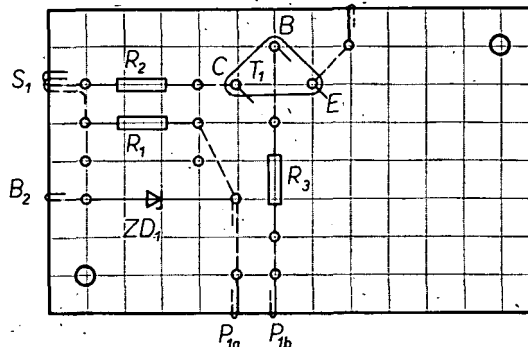
Než připojíme baterie, zkontrolujeme správnost zapojení. Pak připojíme baterie a sepne spínač  $S_1$ . Voltmetrem nebo zkoušečkou zkontrolujeme napětí a polaritu na zdílkách zdroje. Otáčením běžce potenciometru se přesvědčíme, mění-li se výstupní napětí na zdílkách 3' pól a 3 (kladný pól) od 0 do 7 V. Není-li tomu tak, zkontrolujeme napětí na krajních vývodech potenciometru (střední vývod je běžec), které musí být asi 8 V. Naměříme-li např. 1 V, je Zenerova dioda zapojena obráceně. Je-li na  $P_1$  napětí 9 V, pak je přídavná dioda zapojena obráceně. Pracuje-li zdroj správně, překontrolujeme, zvětšuje-li se napětí; otáčíme-li knoflíkem potenciometru doprava. Jinak zaměníme přívody ke krajním vývodům potenciometru.

### Rozpiska materiálu

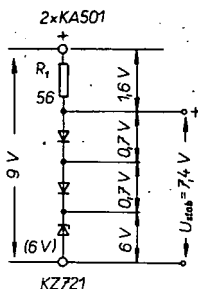
- 1 ks kompletní panel se zapojovací destičkou, štítkem, vruty a 10 ks zdílek
- 1 ks držák baterie – Al plech, Ms plech, ocel, pozink. plech, 158 x 20, tl. 0,5 až 1 mm
- 1 ks objímka na žárovku E10, nebo pryžová průchodka
- $S_1$  páčkový spínač
- $S_2$  páčkový spínač
- $Z_1$  žárovka E10 – 12 V/0,1 A
- $B_1, B_2$  baterie plochá 4,5 V, 2 ks
- $T_1$  tranzistor KF507
- $ZD_1$  Zenerova dioda KZ722 ( $U_Z = 7,5$  až 8 V), nebo KZ721 a 1 až 2 ks KA501 apod.
- $P_1$  potenciometr TP 280, 1 k $\Omega$ , lineární
- $R_1$  vrstvý rezistor uhlíkový, TR 212, 56  $\Omega$
- $R_2$  vrstvý rezistor uhlíkový, TR 212, 56  $\Omega$
- $R_3$  vrstvý rezistor uhlíkový, TR 212, 120  $\Omega$

### A-3 Multivibrátor s tranzistory

Multivibrátor, jinak zvaný astabilní klopný obvod (nemá trvalý stav – stále se překlápí), je jedním z často používaných přístrojů v dílně radioamatera. Je častým námětem pro začínající, je jednoduchý a většinou se snadno uvádí do chodu. Multivibrátor může nahradit nízkofrekvenční i vysokofrekvenční generátor a pro svoji jednoduchost je téměř ideálním přístrojem pro začátečníky.

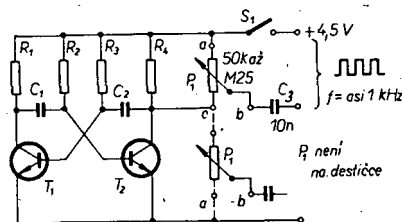


Obr. 30. Rozmístění součástek a způsob propojení



Obr. 31. Zvětšení  $U_Z$  Zenerovy diody připojením diod

Multivibrátor je v podstatě dvoustupňový zesilovač s odporovou vazbou, z jehož výstupu je zavedena silná kladná vazba přes oba stupně. Vlivem kladné zpětné vazby zesilovač po připojení napájecího napětí kmitá (osciluje). Protože u multivibrátoru vždy střídavě vede jeden tranzistor, zatímco druhý je nevodivý a opačně, má napětí na kolektorech tranzistorů pravouhlý průběh. Výstupní signál obvykle o základním kmitočtu 800 až 1000 Hz obsahuje velké množství harmonických kmitočtů (násobků základního kmitočtu). Použijeme-li pro multivibrátor vysokofrekvenční nebo spínací tranzistory, zasahují harmonické kmitočty až do oblasti VKV, případně televize. Zapojení multivibrátoru je na obr. 32. Tvar výstupního signálu závisí na použitých součástkách. Chceme-li, aby výstupní signál multivibrátoru měl délku impulsu stejnou jako mezeru, musíme použít stejné odpory rezistorů, stejné kapacity kondenzátorů a tranzistory musí mít přibližně stejný zesilovací činitel, stejný zbytkový proud a musí být stejného typu. Kmitočet vý-



$T_1 = T_2$	$R_1 = R_2$	$R_3 = R_4$	$C_1 = C_2$
KC507 až 509	4k7	M1	6n8
KS500	2k2	M1	6n8
106NU70	820	M1	6n8
103NU70	1k	M1	6n8
$\left. \begin{array}{l} \text{křemíkové tranz. } R_1, R_2 \text{ od } 2k2 \text{ do } 10k \\ \text{germaniové tranz. } R_1, R_2 \text{ od } 500 \text{ do } 1k \end{array} \right\} \text{ pro } f = 1kHz$			
$U = 4,5V$			

Obr. 32. Schéma multivibrátoru v souměrném zapojení

stupního signálu je dán odporem rezistorů  $R_2, R_3$  a kapacitou kondenzátorů  $C_1, C_2$ . Dobu kmitu ( $T$ ) v sekundách vypočteme přibližně ze vztahu:

$$T [s] = 1,4 R [k\Omega] C [nF] \cdot 10^{-6} = 1,4 \cdot 100 k\Omega \cdot 6,8 nF \cdot 10^{-6} = 0,000952 s.$$

Kmitočet z doby kmitu  $T$  je dán vztahem:

$$f [Hz] = 1/T = 1/0,000952 = 1050 Hz.$$

Kmitočet lze určit také přímo:

$$f [Hz] = 1/(1,4 R [k\Omega] C [nF] \cdot 10^{-6}) = 1/(1,4 \cdot 100 \cdot 6,8 \cdot 10^{-6}) = 1050 Hz.$$

Multivibrátor podle obr. 32 bude mít kmitočet přibližně 1050 Hz.

Multivibrátor může kmitat i bez  $R_2, R_3$ ; průběh signálu není pak pravouhlý, ale blíží se pilovitému. Kmitočet je potom dán součinem  $R_1 C_1$  ( $R_4, C_2$ ). Kmitočet je ovlivňován také napájecím napětím.

Další zapojení multivibrátoru je na obr. 36 (zapojení s doplňkovými tranzistory). Multivibrátor pracuje s nízkým kmitočtem a jeho výstupní signál rozsvěcuje žárovku, jde o tranzistorový blikáč. Zapojení většinou dobře pracuje i bez odporového trimru  $P_1$ , s ním je však nastavení kmitů snazší.

### A-3a Multivibrátor se žárovkou

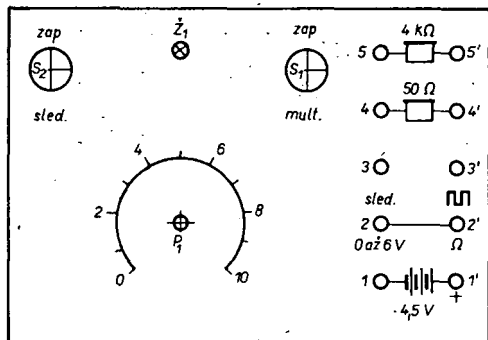
Zapojení je na spojové destičce (mimo panel), můžeme ho použít pro signalizaci apod. Součástkami osadíme destičku způsobem, popsáním u zkoušeček. Díry vrtáme podle obr. 37, osadíme podle obr. 38. Novou součástku, odporový trimr, nasadíme do děr a vývody zahneme, aby v destičce dobře držel, zahnuté vývody nastavíme drátem. Na použité tranzistory nejsou kladeny zvláštní požadavky,  $T_1$  může být libovolný typ p-n-p a  $T_2$  (n-p-n) musí snést kolektorový proud, potřebný pro rozsvícení žárovky. Žárovku s větší spotřebou než 0,2 A raději nepoužijeme.

### Uvedení do chodu

U zapojení, v němž používáme odporové trimry, nastavíme před zapnutím běžec vždy do střední polohy. Připojíme napájecí napětí 4,5 V a trimrem nastavíme rychlost blikání 2 až 3 rozsvícení za sekundu. Pak si vyzkoušíme závislost funkce blikáče na napájecím napětí.

### Rozpiska materiálu

- 1 ks zapojovací destička
- $Z_1$  žárovka E10, 3,5 V/0,2 A



Obr. 33. Uspořádání ovládacích prvků a nápisů na předním panelu pro multivibrátor a sledovač

T<sub>1</sub> tranzistor GC507 až 519 (KF517)  
T<sub>2</sub> tranzistor 101NU71 až 104NU71 (KC508)  
P<sub>1</sub> odporový trimr TP 040, 0,47 MΩ  
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> vrstvý rezistor uhlíkový, TR 212, 1 kΩ  
C<sub>1</sub> kondenzátor elektrolytický, TE 981, 10 μF/6 V

### A-3b Multivibrátor v souměrném zapojení

Multivibrátor podle obr. 32 je možné postavit do válcové trubky s hrotem. Podobných návodů byla popsána v literatuře řada. My jej vestavíme do panelové konstrukce s tím, že jej postupně doplníme sledovačem signálu. Rozmístění prvků a použití zdílek je na obr. 33. Zapojovací destičku z izolantu vrtáme podle obr. 34, osazujeme podle obr. 35. Chceme-li získat na vzhledu a zdokonalit provedení destičky, vyvrtáme všechny díry větší (Ø 2,5 mm) a osadíme je dutými nýtky, do nichž z jedné strany pájíme holé propojovací dráty a z druhé strany součástky.

Tranzistory pro multivibrátor lze použít různé. Chceme-li se přiblížit kmitočtu 1 kHz, musíme správně zvolit R<sub>1</sub> a R<sub>4</sub>,

případně C<sub>1</sub> a C<sub>2</sub>. Použijeme-li tranzistory p-n-p, nesmíme zapomenout změnit polaritu napájecí baterie. K regulaci výstupního signálu je použit tandemový potenciometr, jehož jedna část slouží k regulaci výstupního napětí z multivibrátoru a druhá k regulaci vstupního signálu budoucího sledovače signálu. Destičku po osazení vestavíme do panelu. Připevníme spínač, žárovku 6 V/0,05 A (její použití není nutné, využíváme jen místa v panelu a zbyvající zdíčky), potenciometr a baterii. Před zapojováním si nakreslíme zapojovací plán podle vzoru na obr. 22. Chceme-li použít multivibrátor pro nácik telegrafie, nezapojujeme do zdílek 2-2' žárovku, ale dráty od spínače. Telegrafním klíčem pak multivibrátor zapínáme v rytmu telegrafních značek.

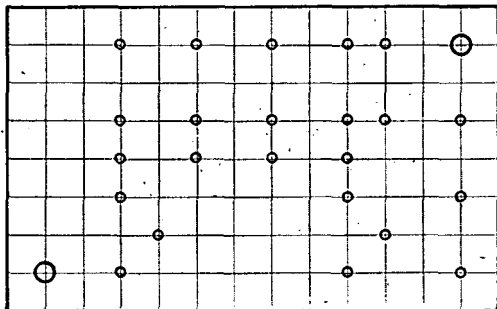
### Uvedení do chodu

Do zdílek 3-4 připojíme sluchátka s odporem 2×2000 Ω a zapneme spínač. Ne-

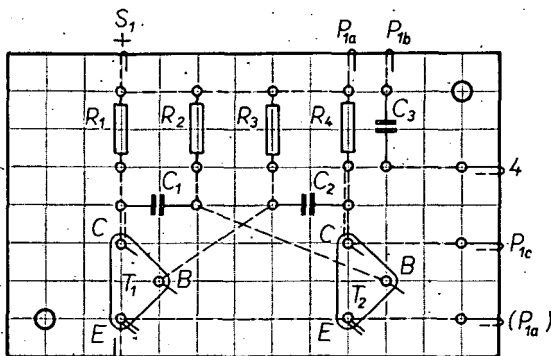
máme-li v zapojení chybu, uslyšíme ve sluchátkách tón. Potenciometrem P<sub>1</sub> můžeme sílu tónu regulovat. Máme-li možnost změřit kmitočet, nastavíme ho na 1 kHz (změnou R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> případně C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>). Nedaří-li se nám uvést multivibrátor do chodu a jsou-li rezistory a kondenzátory v pořádku, je chyba ve velmi rozdílných vlastnostech tranzistorů (je třeba použít dva alespoň přibližně stejné).

### Rozpiska materiálu

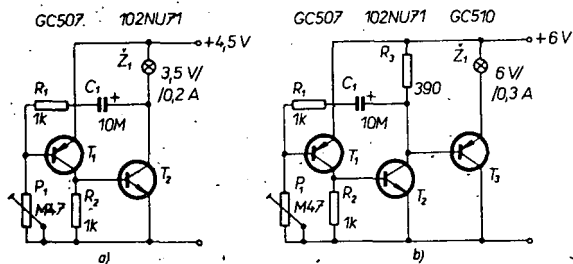
- 1 ks kompletní panel se zapojovací destičkou, štítkem, vruty, 10 ks zdílek a držák baterie
- 1 ks objímka na žárovku E10, nebo pryžová průchodka
- S<sub>1</sub> páčkový spínač
- Z<sub>1</sub> žárovka E10 – 6 V/0,05 A
- T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> tranzistor KC508 (může být i typu KS nebo KF atd. nebo jakýkoli jiný n-p-n)
- R<sub>1</sub>, R<sub>4</sub> vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 4,7 kΩ
- R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 0,1 MΩ



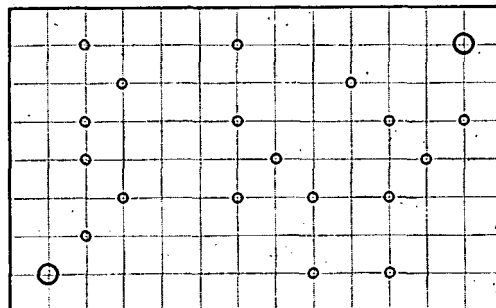
Obr. 34. Provedení děr na destičce multivibrátoru (65 × 40 mm)



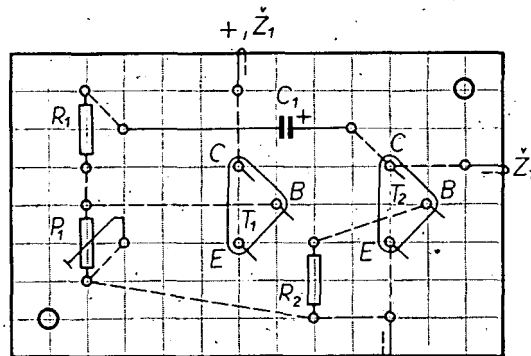
Obr. 35. Rozmístění součástek a propojení na destičce multivibrátoru



Obr. 36. Zjednodušené zapojení multivibrátoru (blikače) s přímou vazbou; a) blikač s dvěma tranzistory, b) blikač s výkonnějším tranzistorem



Obr. 37. Rozměry destičky a provedení děr blikače



Obr. 38. Rozmístění součástek a způsob propojení blikače

$C_1, C_2$  kondenzátor např. keramický TK 744, 6,8 nF

$C_3$  kondenzátor např. keramický TK 744, 10 nF  
 $P_1$  potenciometr lineární tandemový TP 283b, 50 kΩ až 0,25 MΩ

V popisu astabilních klopných obvodů, multivibrátorů, jsme se seznámili s jejich zapojením a použitím. „Pomalý“ multivibrátor (blikáč) použijeme pro signalizaci. Potřebujeme-li spínat výkonnější žárovku, použijeme zapojení z obr. 36b, v němž lze použít i výkonnější tranzistor. Dbáme na to, aby se tranzistory  $T_2$  a  $T_3$  skutečně otevíraly a zavíraly, čehož dosáhneme vhodnými odpory rezistorů  $R_3, R_2, R_3$  musí dodat do báze  $T_3$  tak velký proud, aby po vynásobení zesilovacím činitelem  $h_{21E}$  byl kolektorový proud rovný nebo raději větší než proud žárovky. Pozor při spínání žárovek na nárazový proud při studeném vlákně žárovky (má za studena 6 až 10× menší odpor). Velmi často se na tento jev u tranzistorových spínačů zapomíná. Tranzistor pak je přetížen.

Při stavbě multivibrátoru ve tvaru zkušební sondy s výhodou použijeme dvojici tranzistorů v jednom pouzdře (KCZ58) nebo integrovaný obvod MAA435, MAA525 apod.

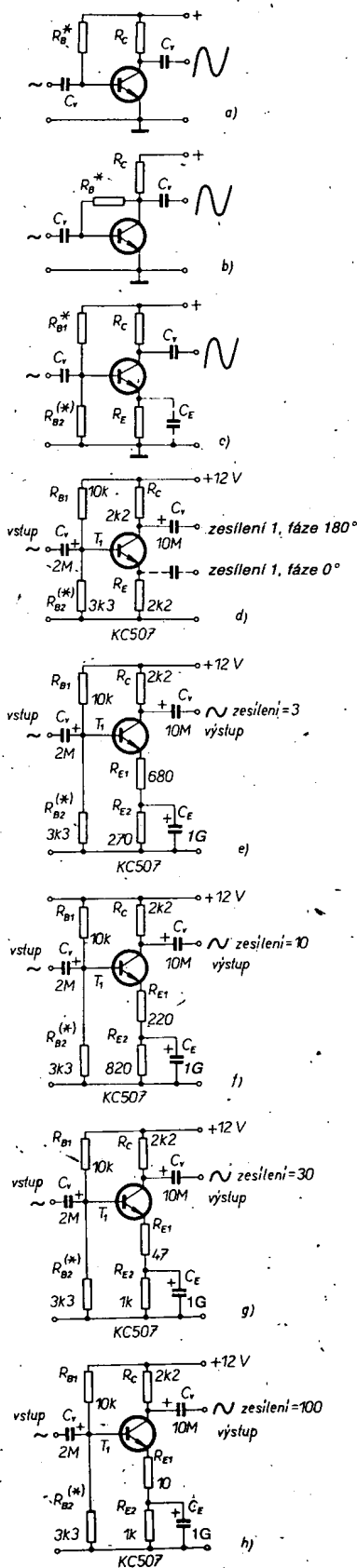
#### A-4 Sledovač signálu

Při práci v radiotechnice často potřebujeme kontrolovat cestu signálu. Nemáme-li k dispozici osciloskop, poslouží dobře pro sledování ní signálu zesilovač, na jeho výstup připojíme buď sluchátka, nebo reproduktor. Zesilovač volíme tranzistorový, jednoduchý a s malým výkonem. Než se rozhodneme jaký, tak trochu teorie:

U zkoušečky jsme použili tranzistor jako zesilovač stejnosměrného proudu. Na jeho bázi jsme přiváděli vždy jen kladné napětí (tranzistor n-p-n). Při přivedení záporného napětí byl tranzistor zavřený – nepracoval. Chceme-li zesilovat tranzistorem střídavý signál – kladné i záporné půlvlny, musí jeho bázi protékat určitý (klidový) proud, který je pak přivedeným střídavým signálem zvětšován nebo zmenšován. Říkáme, že tranzistor musí mít nastaven pracovní bod, nastavujeme jej klidovým proudem báze. Protože tranzistory mají značné odchylky v parametrech (i tranzistory stejného typu), musíme často nastavovat pracovní bod každého tranzistoru zvlášť, a to nejlépe tak, že místo rezistoru v obvodu báze připojíme odporový trimr a jím nastavíme největší zesílení při nejmenším zkreslení. Obvod nastavujeme generátorem zkušební signálu a osciloskopem, kterým kontrolujeme tvar i velikost signálu na pracovním odporu tranzistoru. Nemáme-li k dispozici generátor a osciloskop, použijeme multivibrátor a sluchátka. Pozor při nastavování – nastavovací trimr nesmíme nikdy nastavit do koncové polohy (0 Ω), neboť pak by na bázi tranzistoru bylo plné napájecí napětí a přechod báze – emitor by se zničil velkým proudem. Vhodné je vždy zapojit do série s trimrem ochranný rezistor (s odporem asi 1/10 odporu trimru).

Protože se vlastnosti tranzistorů mění také s teplotou (tranzistor se při své činnosti zahřívá a nebo se může změnit teplota okolí), musí být zapojení schopno pracovní bod i stabilizovat. Jinak při zvýšení teploty se začne zvětšovat kolektorový proud především germaniových tran-

zistorů a ty se mohou zničit. V praxi se ustálilo několik základních zapojení zesilovacích obvodů podle požadovaného vstupního a výstupního odporu, stabiliza-



Obr. 39. Příklady zapojení ke stabilizaci pracovního bodu tranzistoru (zapojeného se společným emitorem, SE); a) napájení báze pevným proudem, b) předpětí odporem mezi bázi a kolektorem, c) předpětí báze děličem napětí a stejnosměrnou vazbou, d) až h) praktické zapojení s různým zesílením

ce pracovního bodu apod. Příklady zapojení ke stabilizaci pracovního bodu a jeho nastavení jsou na obr. 39.

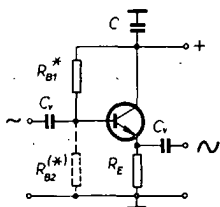
Na obr. 39a proud prochází sériovým rezistorem  $R_B$ , zapojený mezi bázi a napájecí zdroj. Úbytek napětí na  $R_B$  musí být tak velký, aby bylo dosaženo žádaného napětí báze–emitor. Protože odpor rezistoru  $R_B$  je podstatně větší než teplotně závislý odpor přechodu báze–emitor, mění se proud báze s teplotou jen málo. Další výhodou zapojení je velký vstupní odpor. Nevýhodou je, že pracovní bod závisí na  $h_{21E}$  tranzistoru, musí se proto nastavovat pro každý tranzistor samostatně.

V zapojení na obr. 39b je stabilita pracovního bodu lepší, než na obr. 39a. Pracovní bod je opět určen proudem báze, který prochází rezistorem  $R_B$ . Zvětší-li se např. změnou teploty proud kolektoru, zvětší se úbytek napětí na rezistoru  $R_C$  a zmenší se napětí kolektor–emitor. Tím se rovněž zmenší proud báze i přirůstek kolektorového proudu – ten zůstane přibližně konstantní. Pro dobrou stabilizaci musí mít rezistor  $R_C$  co největší odpor, neboť vytváří napěťovou zápornou zpětnou vazbu, která působí jak v klidu (stejnoseměrná), tak i tehdy, kdy tranzistor zesiluje signál (střídavá). Tato záporná zpětná vazba (střídavá) není vždy žádoucí, neboť zmenšuje zesílení a vstupní odpor.

V praxi neužívanější zapojení je na obr. 39c, pracovní bod je dobře stabilizován. Zvětší-li se proud báze a tím i kolektorový a emitorový proud, zvětší se úbytek na  $R_E$ . Napětí emitoru proti zemi se zvětší, a tím se zmenší napětí mezi bázi a emitorem, tranzistor se „přivře“, proud báze se zmenší, takže stejnosměrné proudy zůstávají při tomto zapojení přibližně konstantní – nezávislé na teplotě okolí. Nevýhodou je malý vstupní odpor – podstatně menší než u předchozích zapojení. Další nevýhodou je, že se část napájecího napětí „spotřebuje“ na  $R_E$ . Na tomto rezistoru vzniká záporná zpětná vazba. Zvolíme-li  $R_E = R_C$ , bude zesílení zesilovače 1. Pak je jedno, odebíráme-li vstupní signál přes kondenzátor z kolektoru nebo emitoru (obr. 39d). Ke zmenšení záporné zpětné vazby (střídavě) na  $R_E$  připojujeme k němu paralelně kondenzátor  $C_E$ , jímž je vlastně emitor pro střídavý signál uzemněn. Složíme-li  $R_E$  ze dvou rezistorů zapojených v sérii a připojíme-li jen k jednomu z nich kondenzátor, můžeme volbou odporu rezistorů nastavit zesílení obvodu (obr. 39e až 39h). Zesílení obvodů podle obr. 39d až 39h je v rozmezí 1 až 100. Vstupní odpor (impedance) je přibližně 2 kΩ, výstupní 1,5 až 2 kΩ.

Zapojení na obr. 39 se vyznačuje tím, že společnou elektrodou pro vstupní a výstupní signál je emitor, jde tedy o zapojení se společným emitorem (SE). Tranzistorový zesilovač lze zapojit i se společnou bázi a společným kolektorem. U zapojení SE se malým vstupním proudem  $I_B$  řídí výstupní proud kolektoru  $I_C$ . Výstupní napětí se odebírá z kolektoru a má opačnou fázi než napětí vstupní. Při zvětšujícím se napětí na bázi se zmenšuje napětí na kolektoru. Tranzistor zesiluje proudově i napěťově a výkonové zesílení je tedy ze všech zapojení největší. Výstupní odpor je větší než odpor vstupní (přibližně):  $R_{vys}$  je asi 20 až 100 kΩ,  $R_{vst}$  je 500 Ω až 2 kΩ. Toto zapojení se používá zpravidla u několikastupňových zesilovačů nf i vf s velkým zesílením.

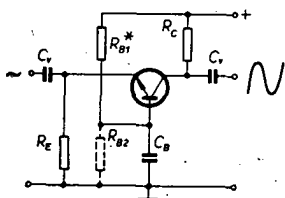
U zapojení se společným kolektorem (SC) je společnou elektrodou pro vstupní a výstupní obvod kolektor, který je pro střídavý signál uzemněn kondenzátorem  $C$  (obr. 40); kondenzátor bývá často součástí zdroje. Výstupní signál se odebírá



Obr. 40. Zapojení tranzistoru se společným kolektorem, SC (emitorový sledovač)

z emitoru a má stejnou fázi jako napětí vstupní. Napěťové zesílení je menší než 1 (výstupní napětí je skoro stejné jako vstupní). I když je napěťové zesílení menší než 1, lze dosáhnout jistého výkonového zesílení, protože tranzistor v zapojení SC zesiluje proudově. Předností je velký vstupní odpor (zvláště bez  $R_{B2}$ ) a velmi malý výstupní odpor:  $R_{vyst}$  je asi 30  $\Omega$  až 20 k $\Omega$ ,  $R_{vst}$  asi 3 k $\Omega$  až 1 M $\Omega$ . Zapojení slouží často jako přízpusobovací člen – impedanční transformátor, v literatuře se často označuje jako emitorový sledovač.

V zapojení se společnou bází (SB) je společnou elektrodou pro vstupní a výstupní obvod báze, která je pro střídavý signál uzemněna kondenzátorem  $C_B$  (obr. 41). Zesílení se řídí vstupním proudem,



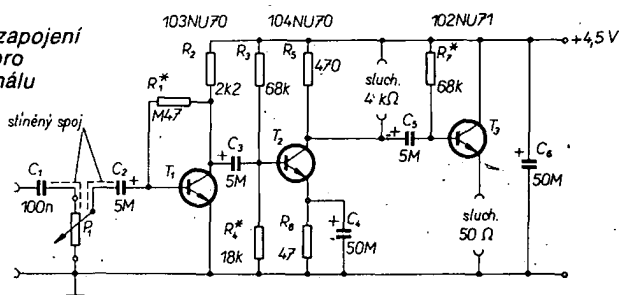
Obr. 41. Zapojení tranzistoru se společnou bází, SB

kteří je vždy o něco větší než proud výstupní. Proudové zesílení je proto menší než 1, napěťové je však velké. Výkonové zesílení je poměrně malé. Výstupní napětí je ve fázi s napětím vstupním. Zapojení se společnou bází má velmi malý vstupní odpor, protože přechod báze-emitor má odpor malý. Výstupní odpor je naopak velký:  $R_{vyst}$  je asi 100 k $\Omega$  až 1 M $\Omega$  i větší,  $R_{vst}$  asi 25  $\Omega$  až 500  $\Omega$ . Zesilovač se společnou bází využívá nejlépe mezní kmitočtu tranzistoru. Používá se nejčastěji u zesilovačů pro VKV.

### Zapojení sledovače signálu

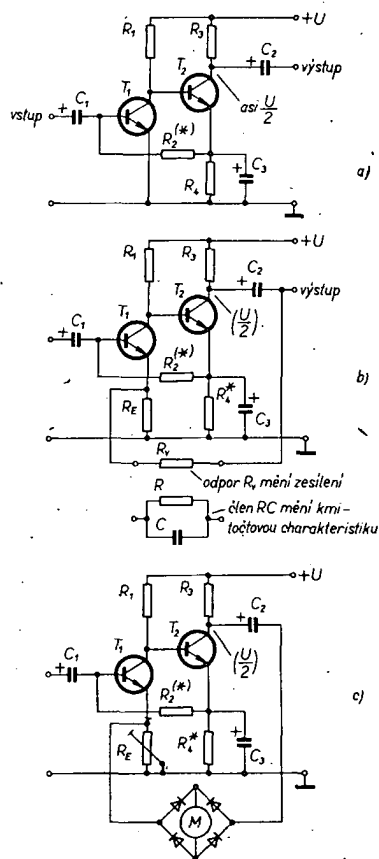
Pro funkci sledovače zvolíme dvoustupeňový zesilovač 2T61 s tranzistory v zapojení SE a s emitorovým sledovačem. První stupeň s velkým vstupním odporem je napájen přes  $R_1$ , jehož odpor zvolíme při nastavování. Druhý stupeň je nejužívanější zapojení (SE) s dobrou teplotní stabilitou, dovoluje připojit místo pracovního rezistoru  $R_E$  výstupní transformátor VT37 a reproduktor. Signál přichází

Obr. 42. Schéma zapojení zesilovače pro sledovač signálu



přes potenciometr (jímž lze řídit vstupní signál) přes oddělovací kondenzátor  $C_1$  na bázi  $T_1$ . Zvětšením napětí mezi bází a emitem (přivedením nf signálu) se zvětší kolektorový proud rezistorem  $R_2$ . Tím se zvětší na  $R_2$  úbytek napětí a zmenší napětí mezi kolektorem a emitem  $T_1$  (tranzistor se stane „vodivějším“). Tato změna napětí se přenesla přes  $C_3$  na bázi  $T_2$ . Zmenšení napětí na bázi  $T_2$  vyvolá zmenšení proudu v kolektoru a tím i zmenšení napětí na  $R_5$  (k němuž lze paralelně připojit sluchátka s velkým odporem). Pracovní bod  $T_2$  je teplotně stabilizován děličem v obvodu báze ( $R_3, R_4$ ) a emitorovým stabilizačním rezistorem  $R_E$ . Zvětší-li se při změně teploty kolektorový proud, zvětší se i úbytek napětí na  $R_E$ . Tím se zmenší napětí mezi emitem a bází, čímž se zmenší kolektorový proud a tranzistor se „vrátí“ do původního stavu či lépe, udržuje se v původním pracovním bodě. Aby ke stejnému jevu nedocházelo při zpracovávání střídavého signálu, je paralelně k  $R_E$  připojen kondenzátor  $C_4$  s velkou kapacitou, který je pro střídavé napětí zkratem. Vliv  $R_E$  se při rychlých změnách neuplatňuje. Kondenzátory  $C_1$  až  $C_5$  mají vliv na přenos signálů nízkých kmitočtů zesilovačem. Čím budou mít větší kapacitu, tím nižší kmitočty bude schopen zesilovač přenést a zesílit. Kondenzátory  $C_2, C_3$  a  $C_5$  (vazební) kromě přenosu střídavého signálu ještě oddělují stejnosměrný proud přiváděný na kolektor tranzistoru ze zdroje od střídavého – zesilovaného signálu. Posledním stupněm sledovače signálu je emitorový sledovač s  $T_3$ . Dovoluje připojit ke sledovači sluchátko s malým odporem.

Popisovaný zesilovač má stupně oddělené vazebními kondenzátory. Jednotlivé stupně mohou být na sebe „vázány“ i přímo (bez vazebního kondenzátoru). Jedno z ustálených zapojení s velkým zesílením bez záporné zpětné vazby je na obr. 43a. Zesilovač se střídavou zápornou zpětnou vazbou (zmenšuje zesílení) vznikne přidáním rezistoru do emitoru  $T_1$  a propojením výstupu zesilovače přes zpětnovazební prvek (rezistor, popř. s kondenzátorem paralelně apod.) s emitem  $T_1$  (obr. 43b). Čím je odpor rezistoru ve zpětnovazební smyčce menší, tím je menší zesílení v celém kmitočtovém pásmu. Zařazením rezistoru s kondenzátorem do zpětnovazební smyčky se mění zesílení při různých kmitočtech. Vhodnou volbou prvků zpětné vazby lze libovolně měnit kmitočtový průběh zesilovače. Zapojením střídavého měřidla do smyčky zpětné vazby získáme nf milivoltmetr (obr. 43c): Zesílení se pak řídí změnou odporu rezistoru  $R_E$ . U těchto zapojení nastavujeme pracovní bod změnou  $R_4$  u  $T_2$  tak, aby na kolektoru  $T_2$  byla přibližně polovina napájecího napětí. Pracovní bod  $T_1$  je určen rezistorem v bázi. Je-li volen správně, vyhoví i při širokém rozptýlu zesilovacího činitele  $T_1$ . Zesilovače se stejnosměrnou vazbou jsou oblíbené při použití křemíkových tranzistorů.

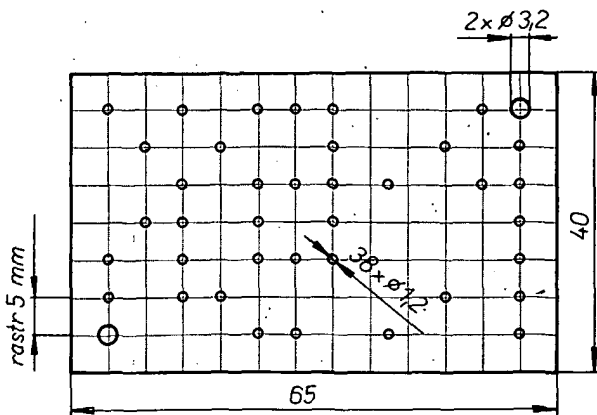


Obr. 43. Zesilovač se stejnosměrnou vazbou (bez vazebního kondenzátoru): a) bez záporné zpětné vazby (velké zesílení), b) se střídavou zápornou zpětnou vazbou (zmenšuje zesílení), c) s obvodem měřidla ve smyčce zpětné vazby (nf milivoltmetr).

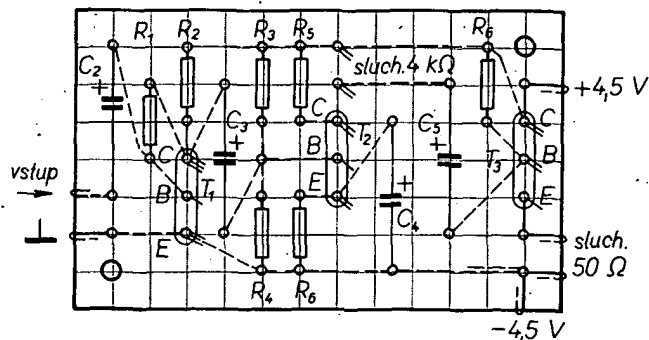
### Provedení sledovače

Sledovač signálu postavíme do panelové konstrukce společně s multivibrátorem. Tím vznikne třetí užitečný přístroj. Chceme-li používat reproduktor, musíme mít výstupní transformátor JISKRA VT37 (primární vinutí má 300  $\Omega$ , 525 z drátu o  $\varnothing$  0,5 mm CuL), sekundární 4  $\Omega$  (64 z drátu o  $\varnothing$  0,5 mm CuL). Transformátorek je konstruován pro tranzistory s kolektorovou ztrátou 50 mW. Výkon takového zesilovače je malý, asi 50 mW. Transformátor zapojíme místo  $R_E$ . Reproduktor s transformátorem dáme do zvláštní skříňky a připojujeme do zdílek 5 a 5'. Tranzistor  $T_3$  montujeme tehdy, chceme-li používat sluchátko s malým odporem. Zapojení je na destičce vyvrtné podle obr. 44, osazené podle obr. 45. Při osazování zatím nepájíme  $C_2, C_3$  a  $C_5$  a  $R_1, R_4$  a  $R_E$ , označené hvězdičkou. Osazenou destičku připevníme na základní desku vedle desky multivibrátoru (obr. 46a). Baterii upevníme na základní desku na výšku plechovým držákem tvaru U, uspořádání volíme s ohledem na místo (obr. 46b). Před montáží destiček polepíme základní desku alobalem, který tvoří stínění.

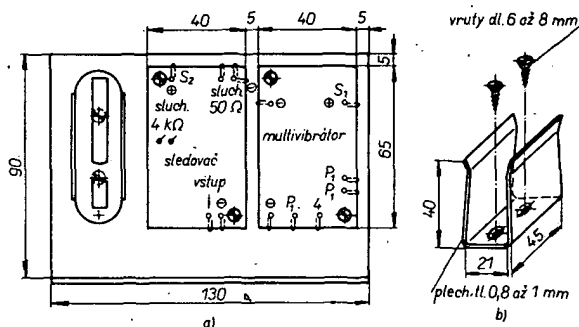
Abychom mohli ovládat jedním knoflíkem výstupní signál multivibrátoru i vstupní signál do sledovače, použijeme tandemový potenciometr. Průběh odporové dráhy volíme lineární (N), i když pro řízení sledovače by byl výhodnější logarit-



Obr. 44. Rozměry destičky a provedení děr pro sledovač

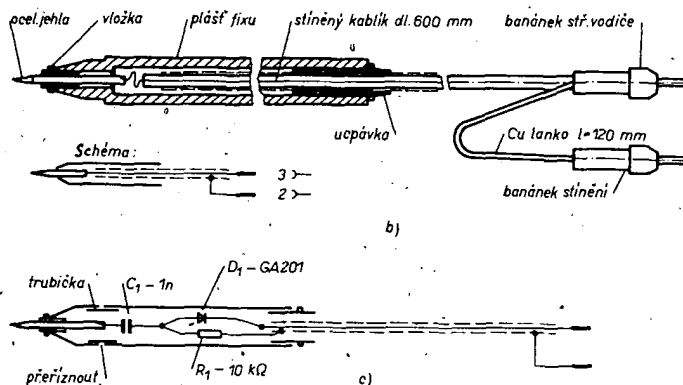
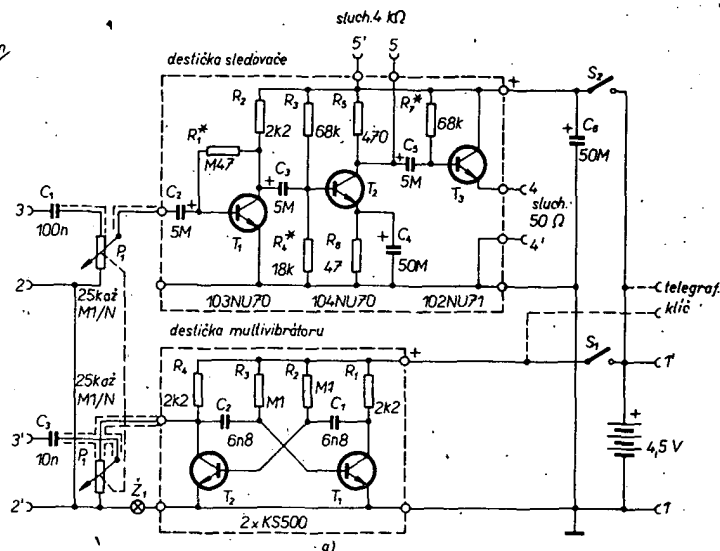


Obr. 45. Rozmístění součástek a způsob propojení sledovače



Obr. 46. Mechanická část sledovače; a) uspořádání destiček a baterie na základní desce, b) tvar držáku baterie a způsob jeho připevnění

mický (G). Místo tandemového potenciometru lze použít dva samostatné potenciometry a dvě stupnice. Přední panel a štítek zhotovíme podle obr. 33 s rozměry podle obr. 28. Celkové schéma přístroje je na obr. 47 (včetně nf sondy, obr. 47b a vf sondy, obr. 47c). Podle obr. 47a si nakreslíme zapojovací plánec (vzor je na obr. 22) a přístroj zapojíme. Protože chceme použít zdíčky 1-1' a 2-2' pro obvod baterie a žárovky jako zdroj a žárovkovou zkoušečku jsou zemnící zdíčky 2-2' vstupu sledovače a výstupu multivibrátoru připojeny na - pól baterie velmi neobvykle - přes žárovku. Funkci to nevedí a baterie se žárovkou využijeme ke zkoušení obvodů a rezistorů malých odporů (zdíčky 1', 2'), dále ke zkoušení napětí do 6 V žárovkou (zdíčky 1, 2). Zkušební sondu nf zhotovíme z plastického šestihranného pouzdra upotřebených fixů č. 7870, stíněného kablíku a dvou banánků (obr. 47b). Kleštěmi vytáhneme vložku s psacím hrotem, který nahradíme jehlou z ocelového drátu o Ø 2 mm. Ucpávku na horním konci pláště provrtáme, prostrčíme stíněný kablík a na kablík navlečeme také plášť fixu. Kablík musí být tak tenký, aby prošel dírou pro vložku hrotu. Střední vodič kablíku obnažíme v délce 15 mm a stínění zastříháme tak, aby bylo kratší než izolace středního vodiče asi o 10 mm. Pak připojíme střední vodič k ocelové jehle a opatrně zatahujeme kablík do pláště, až je vložka těsně před špičkou pláště. Kablík na druhém konci pláště uklínujeme v ucpávce tenkými dřevěnými klínky. Pak zatlačíme vložku ocelovou jehlou. Přezkoušíme, není-li spoj jehly a středního vodiče přerušen nebo nemá-li zkrat na stínění a uklínované místo zalepíme epoxidovým le-



Obr. 47. Sledovač signálu s multivibrátorem; a) celkové schéma přístroje, b) provedení zkušební sondy nf, c) provedení zkušební sondy vf

pidlem. Druhý konec stíněného kablíku opatříme banánkem, na plášť (stínění) připojíme izolované měděné lanko s banánkem tak, aby pájový spoj byl překryt tělesem banánku. Vf sondu zhotovíme podobně, pouze s tím rozdílem, že plášť fixu přeřízneme v dolní části 25 mm od konce, abychom mohli připojit kondenzátor, diodu a odpor. Pak pomocí spojovací trubičky dlouhé asi 15 mm (uřízneme z konce ucpávky) a nastrčené do vnitřku pouzdro slepíme. Lepíme lepidlem Supercement. Kdo má možnost, zhotoví si sondu z kovových trubek, je to výhodnější.

#### Uvedení do chodu

Před připojením na baterii nejprve zkontrolujeme zapojení. Připojíme baterii

a začneme s nastavováním jednotlivých stupňů.

**Nastavení  $T_3$**  - místo  $R_7$  připojíme trimr 100 kΩ s rezistorem asi 1 kΩ v sérii. Připojíme - pól kondenzátoru  $C_5$ . Na vývody 4-4' připojíme sluchátko a na nezapojený + pól kondenzátoru  $C_5$  přivedeme signál z multivibrátoru. Trimrem pomalu otáčíme až najdeme místo, kdy je tón ve sluchátku nejsilnější. Pak odpojíme rezistor s trimrem, změříme jejich odpor a nahradíme je pevným rezistorem. Kondenzátor  $C_5$  připojíme napevno.

**Nastavení  $T_3$**  - místo  $R_7$  připojíme trimr 33 kΩ. Připojíme - pól  $C_3$  a na + pól přivedeme signál z multivibrátoru přes potenciometr (co nejmenší vstupní signál). Ve sluchátku na vývodech 4-4' uslyšíme tón. Otáčením trimru 33 kΩ nastavi-

me nejsilnější tón. Trimr změníme a nahradíme rezistorem,  $C_3$  připojíme napevno.

Stejným způsobem nastavíme  $T_1$ ,  $R_1$  nahradíme trimrem až asi 1 M $\Omega$ . Chceme-li použít reproduktor, nezapojujeme obvod tranzistoru  $T_3$  a primární vinutí výstupního transformátoru zapojíme na vývody 5-5'. V kolektoru  $T_2$  vynecháme  $R_5$ . Nemáme-li možnost změnit odpory nastavených trimrů, odhadneme je alespoň podle nastavení běže na odporové dráze (je-li běžec trimru v polovině dráhy, je odpor trimru poloviční).

Nejlépe a nejpresněji lze nastavit pracovní body jednotlivých stupňů nf generátorem a osciloskopem.

Oživenou desku sledovače připevníme na panelovou jednotku se zdírkami, spínačem, potenciometrem, žárovkou a baterií. Spoje mezi vstupem sledovače, případně výstupem multivibrátoru a potenciometru zhotovíme stíněným drátem. Po zapojení přístroje vyzkoušíme: na zdírkách 1-1' musí být napětí baterie, na 1' plus pól. Propojením 1' a 2' se musí žárovka rozsvítit bez ohledu na polohu spínače. Po připojení vnější baterie na 1 a 2 musí žárovka svítit bez ohledu na polaritu. Pak připojíme sluchátko do zdírek 4 a 4' a nf sondu do zdírek 2 (stínění) a 3 a zapneme spínač  $S_1$ . Dotkneme-li se prstem hrotu sondy (potenciometr vytočen do prava), musíme slyšet ve sluchátku síťový brum. Pak zapneme spínač  $S_2$  (multivibrátor) a hrotem sondy se dotkneme zdírek 3'. Otáčením knoflíku regulujeme sílu tónu. Obdobně vyzkoušíme funkci sluchátek s odporem 4 k $\Omega$  ve zdírkách 5-5'. Bude-li sluchátka používat jen jeden typ sluchátek, můžeme využít zbylých zdírek jako vývodů pro telegrafní klíč k náviku telegrafních značek. Zdíčky jsou pak připojeny paralelně ke spínači  $S_2$ .

Vf sondu připojíme do zdírek 2 (stínění) a 3. Zapneme spínač  $S_1$  a ve sluchátkách můžeme sledovat cestu vf signálu v přijímači od vstupního laděného obvodu až k detekční diodě (obě sondy lze použít pouze u tranzistorových přijímačů!) Pak zaměníme vf sondu za nf a sledujeme cestu nf signálu až k reproduktoru. Při práci s nf sondou musíme připojit kabelem kostru zkoušeného přístroje s kostrou sledovače (zdíčka 2 nebo 2').

Ve sledovači lze použít nf tranzistory se zesilovacími činiteli 50 až 120. U křemíkových nf tranzistorů typu KF507, KC507 až 509 použijeme při nastavování odporové trimry asi s dvojnásobným odporem, než jaký je na schématu. U multivibrátoru můžeme použít jakékoli tranzistory, nejlépe vf nebo spínací. Při nastavování zesilovače je výhodné měřit odběr proudu miliampérmetrem.

#### Rozpiska materiálů

- 1 ks kompletní panel – viz A-3b
- $R_1$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 0,47 M $\Omega$
- $R_2$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 2,2 k $\Omega$
- $R_3, R_7$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 68 k $\Omega$
- $R_4$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 18 k $\Omega$
- $R_5$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 470  $\Omega$
- $R_6$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 47  $\Omega$
- $C_1$  kondenzátor sítový TC 181, 100 nF
- $C_2, C_3, C_5$  kondenzátor elektrolytický TE 984, 5  $\mu$ F
- $C_4, C_6$  kondenzátor elektrolytický TE 981, 50  $\mu$ F
- $S_2$  páčkový spínač
- $T_1$  tranzistor 103NU70 (104NU70, 155 až 156NU70, KF...)
- $T_2$  tranzistor 104NU70, lépe 105 až 107NU70, 101 až 104NU71 (KF507)
- $T_3$  tranzistor 102NU71 (101 až 104NU71, KF507, KC507 až 509)

nf a vf sonda:

- 2 ks pouzdro od fixu č. 7870
- 1,2 m stíněný kábel mikrofonní
- 4 ks banánek
- $C_1$  kondenzátor keramický TK 724, 1 nF
- $D_1$  vf dioda germaniová, GA201 nebo jiná
- $R_1$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 10 k $\Omega$

Účelem stavby sledovače signálu s multivibrátorem bylo získat třetí potřebný přístroj pro začátek. Záměrně bylo vybráno zapojení starší koncepce s germaniovými tranzistory, které lze snadno nahradit tranzistory křemíkovými úpravou odporů rezistorů v bázích. U  $T_2$  zvětšujeme  $R_4$ , případně i  $R_3$ . Dále při náhradě tranzistorů dbáme na zesilovací činitel  $T_1$  a  $T_2$ , nesmí být velký. Zesílení je pak velké a zesilovač má sklon ke kmitání (pískání apod.). Nedoporučuje se použít oba tranzistory typu KC507 až 509 pro jejich velký zesilovací činitel. Chceme-li experimentovat s tranzistory KC507 až 509 (KC147 až 149), je lepší použít modernější zapojení se stejnosměrnou vazbou podle obr. 43b, u něhož lze zesílení nastavit rezistorem  $R_v$ .

Použití reproduktoru je komplikované výstupním transformátorem. Typ VT37 se již nevyrábí, je ho možné získat jen ze starých zásob. Je možné použít i výkonější tranzistor 102NU71 apod. a jiný typ transformátoru. Pamatujeme, že impedance primárního vinutí transformátoru nahrazuje pracovní odpor v kolektoru koncového tranzistoru, a má mít přibližně stejnou velikost.

#### A-5 Jednoduchý přijímač na sluchátka

V přijímači (obr. 48) je použit tranzistor jako vf zesilovač, diody jako vf usměrňovač (detektor) a zdvojevač napětí.

Přijímač slouží pro příjem rozhlasových stanic v pásmu středních vln. To je délka vlny

$$\lambda = 186,9 \text{ až } 571,4 \text{ m.}$$

Výhodnější je údaj v počtu kmitů za sekundu (kmitočet) v kHz nebo MHz, což je:

$$525 \text{ kHz (571,4 m) až } 1605 \text{ kHz (186,9 m).}$$

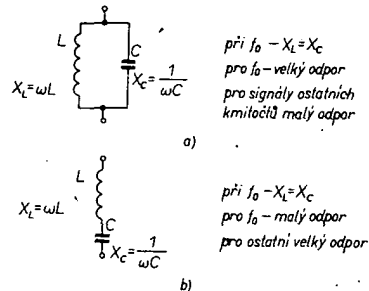
Čím je vlna delší, tím má nižší kmitočet. Délku vlny  $\lambda$  v metrech vypočítáme z konstanty pro rychlost šíření rádiových vln  $c = 300\,000 \text{ km/s}$  (stejná jako rychlost šíření světla) a kmitočtu v kHz  $\lambda [\text{m}] = c [\text{km/s}] / f [\text{kHz}]$ .

Vysílač Praha má kmitočet nosné vlny  $f = 638 \text{ kHz}$ . Délka vlny  $\lambda$  je tedy  $c/f = 300\,000/638 = 470,2 \text{ m}$ . Známe-li délku vlny, vypočteme kmitočet vysílače ze vztahu  $f [\text{kHz}] = c [\text{km/s}] / \lambda [\text{m}]$ .

Vysílač Brno vysílá na délce vlny 314,7 m. Jaký je kmitočet nosné vlny vysílače? Kmitočet

$$f = c/\lambda = 300\,000/314,7 = 953 \text{ kHz.}$$

U přijímače si vybíráme přijímanou stanic ze směsi velkého množství signálů vysílačů, zachycených anténou, laděným (rezonančním) obvodem. Laděný obvod je tvořen cívkou a kondenzátorem. Jsou-li zapojeny paralelně (obr. 49a), jde o paralelní rezonanční obvod – při rezonanci má veliký odpor a přivedený vf signál vysílače (jehož kmitočet je stejný jako rezonanční kmitočet laděného obvodu) elektricky rozkmitá laděný obvod a napětí na něm se několikanásobně zvětší – toto nakmitané napětí vedeme dále do přijímače a zesílené (detekované) posloucháme. Pro signál rezonančního kmitočtu má tento obvod



Obr. 49. Schéma zapojení rezonančního obvodu a) paralelního a b) sériového

veliký odpor a pro ostatní signály představuje zkrat, neboť signály nižších kmitočtů projdou cívkou a vyšších kondenzátorem. Zapojíme-li stejnou cívku a stejný kondenzátor do série (obr. 49b), je rezonanční kmitočet stejný, ale rezonanční obvod má opačné vlastnosti. Při rezonanci má velmi malý odpor a pro přivedený rezonanční kmitočet představuje zkrat. Ostatní kmitočty na tomto obvodu nejsou tlumeny. Používá se proto pro odladovače silného rušivého signálu apod.

Rezonanční kmitočet ( $f_0$ ) každého laděného obvodu vypočteme ze vztahu (jednotky základní: Hz, H, F)

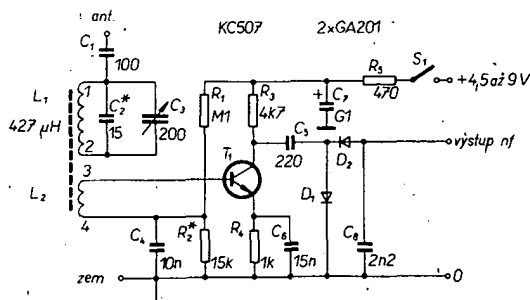
$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

$$\text{zjednodušeně } f = 0,159/\sqrt{LC},$$

kde  $L$  je indukčnost cívky a  $C$  je kapacita kondenzátoru.

Pro použití jednotek užívaných v radio-technice (MHz,  $\mu$ H, pF) upravíme vztah na  $f_0 = 159/\sqrt{LC} = \sqrt{25\,330/LC}$ .

Při konstrukci laděného obvodu pro přijímač vyjdeme z maximální kapacity ladicího kondenzátoru, který máme k dispozici. Může být 350 až 500 pF. Např. ke kondenzátoru  $C_L$  o maximální kapacitě 350 pF vypočteme indukčnost cívky pro



Obr. 48. Schéma zapojení jednoduchého přijímače na sluchátka

nejnižší kmitočet středních vln 0,525 MHz ze vztahu:

$$L = \frac{25330}{fC} = \frac{25330}{0,525^2 \text{ MHz} \cdot 350 \text{ pF}} = 262,5 \mu\text{H}.$$

Pro danou cívku vypočteme nejmenší kapacitu ladícího kondenzátoru pro horní rozsah středních vln 1,605 MHz ze vztahu:

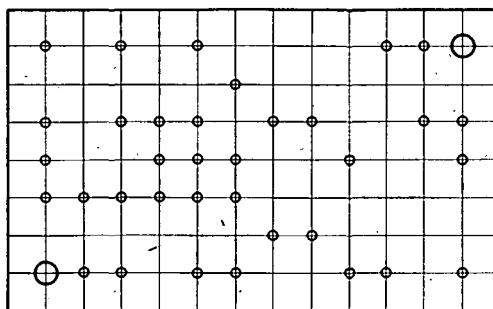
$$C = \frac{25330}{fL} = \frac{25330}{1,605^2 \text{ MHz} \cdot 262,5 \mu\text{H}} = 37,4 \text{ pF}.$$

Ověřili jsme si výpočet, že rozsah středních vln s danou cívku a kondenzátorem obsáhne.

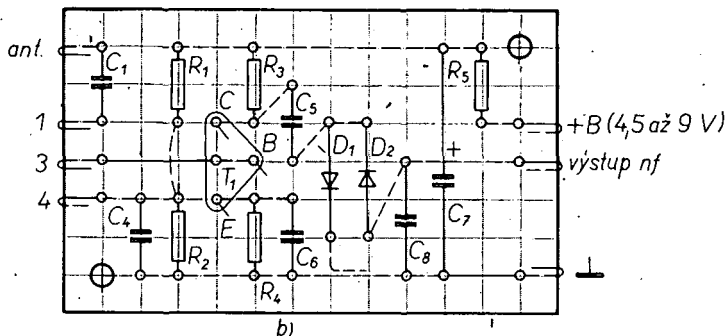
Nakmitané napětí na laděném obvodu přivádíme na bázi  $T_1$  vazební cívku o několika závitích. Druhý konec vazební cívky je vř uzemněn kondenzátorem  $C_4$ . Zesílený signál je veden z kolektoru tranzistoru kondenzátorem  $C_5$  na detektor ze dvou diod, zapojených jako zdvojevač napětí. Detekovaný (usměrněný) vř signál vedeme na vyhlazovací (filtrační) kondenzátor  $C_6$ , k němuž připojíme sluchátka s velkým odporem, nebo potenciometr a zesilovač pro reproduktor. Vnější anténa (kus drátu) je k laděnému obvodu připojena přes anténní kondenzátor  $C_1$ , 50 až 100 pF, aby laděný obvod nebyl příliš tlumen. Druhý konec laděného obvodu by měl být připojen na - pól baterie (zem). Někdy jsou výsledky lepší bez galvanického připojení a laděný obvod je uzemněn jen přes vazební cívku (uzemněnou kondenzátorem  $C_4$ ).

#### Provedení

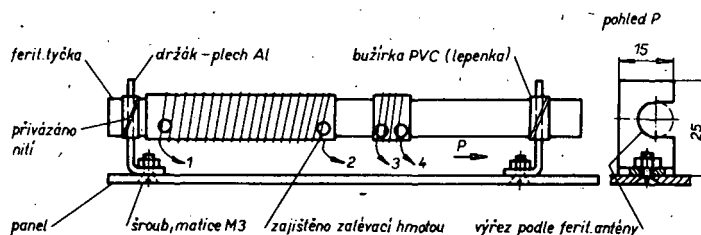
Pro mechanickou stavbu využijeme opět panelové jednotky. Přijímač postavíme na zapojovací děrované destičce z izolantu s dírami podle obr. 50a, kterou osadíme podle obr. 50b součástkami kromě  $R_2$ . Ladící kondenzátor a feritová anténa jsou mimo destičku, abychom mohli použít jakýkoli typ. Jsou upevněny na čelním panelu - kondenzátor šroubky a feritová tyčka držáky ve tvaru L (obr. 51). Rozmístění ovládacích prvků a využití zdířek je na obr. 52. Cívku navineme na papírovou nebo plastickou trubičku délky asi 50 mm, která musí být volně posuvná po feritové tyčce. Vineme vř lankem (izolované lanko pro vinutí vř cívek) nebo drátem o  $\varnothing$  asi 0,3 až 0,6 mm CuL, závit vedle závitu jako válcovou cívku v jedné vrstvě. Začátek a konec vinutí zajistíme zakápnutím zalévací hmotou z ploché baterie. Počet závitů je 50 až 90 podle vlastností feritové tyčky. Navineme raději více závitů, indukčnost změříme na můstku a odvinutím nastavíme vypočítanou indukčnost přesně. Pamätujeme, že in-



a)



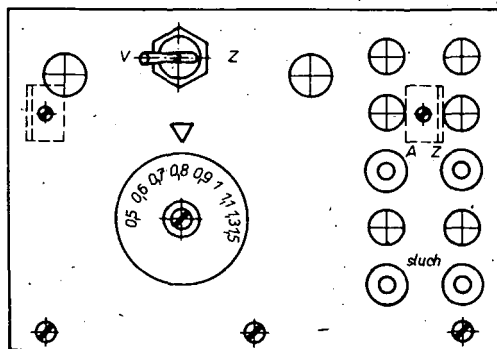
Obr. 50. Destička pro jednoduchý přijímač; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek



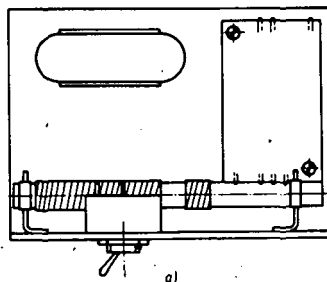
Obr. 51. Způsob připevnění a uspořádání feritové antény

dukčnost cívky je úměrná druhé mocnině počtu závitů. Při měření je cívka nasunuta na feritové tyčce tak, že střed cívky je asi v jedné třetině délky tyčky. Posouváním cívky po tyčce lze měnit její indukčnost. Cívka uprostřed tyčky má největší indukčnost a nejhorší jakost  $Q$ , na kraji tyčky nejmenší indukčnost a nejlepší  $Q$ . Stejně jako ladící cívku zhotovíme cívku vazební, tj. na samostatnou trubičku (několik závitů papírového proužku šířky 10 mm). Závitů je 10, drát o  $\varnothing$  0,5 až 0,8 mm s izolací PVC. Vazební cívku navlékneme vedle

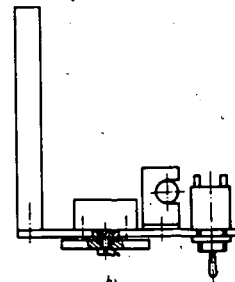
cívky ladící ke středu feritové tyčky tak, aby vinutí byla vinuta stejným směrem (obr. 51). Konce cívek zapojíme podle obr. 48. Celkové uspořádání na panelové jednotce je na obr. 53. Ladící kotouček (knoflík) použijeme ze starého tranzistorového přijímače, nebo jej vyřízneme výkružníkem z novodurové nebo jiné izolací desky. Narýsujeme osy, vyvrtáme díru o  $\varnothing$  3,2 mm pro šroubek M3. Lůžko pro konec hřídele ladícího kondenzátoru zhotovíme „vylišováním za tepla“ zbrúšeným trnem z hřídele starého potenciometru.



Obr. 52. Uspořádání ovládacích prvků na předním panelu při stavbě přijímače do malé panelové jednotky



a)



b)

Obr. 53. Mechanické uspořádání přijímače v malé panelové jednotce; a) pohled shora, b) pohled z boku a přišroubování ladícího kotoučku (knoflíku)

ru. Ten ohřejeme na vařiči, uchopíme do plochých kleští, vystředíme podle osy na kotoučku a zamáčkneme. Často stačí jen kotouček s dírou pro šroub M3, z obou stran ocelové podložky o  $\varnothing$  3,2 a kotouček drží na hřídeli kondenzátoru třením.

### Uvedení do chodu

Před připojením napájecího napětí zkontrolujeme zapojení a připojíme místo  $R_2$  odporový trimr asi 68 k $\Omega$  (běžec ve středu dráhy). Připojíme sluchátka s velkým odporem, anténu a baterii 4,5 V přes miliampermetr 50 až 100 mA, který po nabíjení  $C_7$  přepneme na nižší rozsah. Odběr proudu je při správném zapojení asi 1 mA. Je-li vše v pořádku, zvětšíme napájecí napětí na 6 V a otáčíme ladícím kondenzátorem, až zachytíme nejsilnější stanici. Trimrem nastavíme nejsilnější nezkraslený příjem. Změříme odpor trimru a nahradíme ho pevným rezistorem. Pak měníme polohu vazební cívky tak, až dosáhneme největší hlasitosti a nejlepší selektivity (oddělení stanic – nesmí se míchat) – tím je nastavení skončeno. Budeme-li provozovat přijímač jen se sluchátky s velkým odporem, stačí napájecí napětí 4,5 V. Chceme-li použít reproduktor, je lépe zesilovač napájet napětím 6 až 9 V a pracovní bod nastavovat při tomto napájecím napětí. Kondenzátorem  $C_2$ , 5 až 25 pF, nastavíme konec ladícího rozsahu 1,6 MHz, můžeme jej však vynechat.

**K použitým součástkám:** tranzistory – dobré výsledky jsou s KC507 až 509, právě tak dobré se spinacími tranzistory KS500 a KSY21, s germaniovými 156NU70 o trochu horší – jejich použití vyžaduje upravit počet závitů vazební cívky a změnit  $R_1$  a  $R_2$ . Diody je třeba použít zásadně vysokofrekvenční a germaniové.

Na přijímači si ověříme činnost sledovače signálu. Připojíme vř sondu k místům, kde prochází vř signál, bod A až C, a sledujeme cestu signálu a jeho velikost. Sondu nř připojíme do bodu D a E. Čím postupujeme dále od antény, měl by být signál silnější. Do stejných míst připojujeme multivibrátor – postupujeme opačně od sluchátek (reproduktoru) až k anténě a snadno najdeme vadné místo, odkud signál už neprochází. Multivibrátorem sledujeme průchodnost signálu a sledovačem lze najít i místo, odkud je signál zkraslen; nezapomeneme však regulovat knoflíkem citlivost, neboť při velkém vstupním napětí může zkraslovat i sledovač.

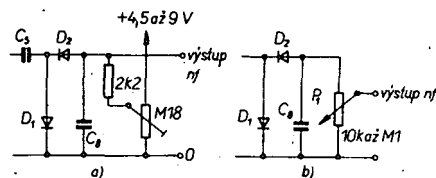
### Rozpiska materiálů

1 ks kompletní panel – viz A-3b  
 $R_1$  vrstvý rezistor uhlíkový TR212, 100 k $\Omega$   
 $R_2$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 15 k $\Omega$   
 $R_3$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 4,7 k $\Omega$   
 $R_4$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 1 k $\Omega$   
 $R_5$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 470  $\Omega$   
 $C_1$  kondenzátor keramický TK 755, 100 pF  
 $C_2$  kondenzátor keramický TK 755, 15 až 47 pF  
 $C_3$  ladící kondenzátor WK 704 23, 2  $\times$  200 pF nebo jakýkoli jiný s max. kapacitou 200 až 500 pF  
 $C_4$  kondenzátor keramický TK 744, 10 nF (i TC 181)  
 $C_5$  kondenzátor keramický TK 754, 220 pF  
 $C_6$  kondenzátor keramický TK 744, 15 nF (i TC 181)  
 $C_7$  kondenzátor elektrolytický TE 984, 100  $\mu$ F  
 $C_8$  kondenzátor keramický TK 744, 2,2 nF (i TC 181)  
 $T_1$  tranzistor křemíkový KC507 až 509 (viz text)  
 $D_1, D_2$  vř dioda germaniová GA201  
 $S_1$  páčkový spínač  
 $L_1$  ladící cívka 50 až 90 závitů vř lanka nebo drátu o  $\varnothing$  0,3 až 0,6 mm CuL

$L_2$  vazební cívka 8 až 10 závitů, drát 0,5 až 0,8 mm v PVC  
 1 ks feritová tyčka  
 2 ks držák feritové tyčky – Al plech 15  $\times$  35 mm, tl. 1 až 1,5 mm  
 1 ks ladící kotouček, např.  $\varnothing$  35 až 40 mm, tl. 3 mm

Účelem stavby jednoduchého přijímače bylo seznámit se s laděným obvodem, vř tranzistorovým zesilovačem a diodovým detektorem. Konečnému vřhledu přijímače není věnována pozornost.

Chceme-li používat přijímač se zesilovačem a reproduktorem, připojíme na výstup přijímače potenciometr 10 k $\Omega$ /G (5 až 25 k $\Omega$ ) jako regulátor hlasitosti (obr. 54b). Na běžec potenciometru připojíme vstup zesilovače. Potenciometr upevníme na přední panel. Přijímač hraje bez vnřjší antény jen v blízkosti vysílače.



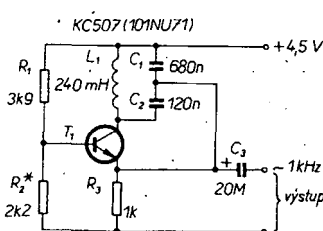
Obr. 54. Možné úpravy na výstupu přijímače; a) posunutí pracovního bodu diod (předpětí) nepřináší dobré výsledky, b) připojení regulátoru hlasitosti (potenciometru).

Pro ty, kteří chtějí experimentovat a dostat z přijímače maximum: přijímač lze nastavit při troše trpělivosti tak, že zachytí ve dne i několik stanic a hraje se zesilovačem dostatečně silně na většinu reproduktor bez vnřjší antény. Je třeba použít dobrý křemíkový tranzistor, nastavit pečlivě  $R_2$ , případně upravit kolektorový proud rezistory  $R_3, R_4$  (zajímavé je, že pro součástky podle schématu pracoval nejlépe tranzistor KSY21, i když jeho zesilovací činitel  $h_{21E}$  byl jen 30!). Kondenzátor  $C_6$  by neměl mít menší kapacitu než 15 nF. Nejvíce však záleží na laděném obvodu – ani ne tolik na materiálu tyčky, jako na vinutí. Tenký drát není moc dobrý, lepší je tlusté vř lanko, lepší než tenké vř lanko je tlustší lanko Cu v tenké izolaci PVC. Dále záleží na počtu závitů a tloušťce drátu vazební cívky (nutno vyzkoušet).

## Přístroje pro pokročilé – skupina B

### B-1 Jednoduché generátory nř signálu

Ve skupině A-3b jsme si popsali multivibrátor jako zdroj signálu pro nř a vř použití. Výstupní signál má přibližně pravouhlý tvar. Pro zkoušení nř zařízení potřebujeme nezkraslený sinusový, případně pravouhlý tvar signálu, který si dále popíšeme.



Obr. 55. Schéma zapojení nř generátoru LC, 1 kHz

### B-1a Nř generátor LC 1 kHz (sinus)

#### Popis a stavba

Využijeme známého třibodového zapojení generátoru LC s kapacitní vazbou (Colpittsův oscilátor, obr. 55). Název odpovídá tomu, že laděný obvod je připojen jedním koncem na kolektor tranzistoru, druhým na napájecí napětí a třetím na emitor tranzistoru. Laděný obvod je pro nř kmitočty tvořen cívku bez odbočky (vinutou na feritovém hrníčkovém jádře, feritovém jádře E nebo feritové tyčce), k níž jsou připojeny dva kondenzátory v sérii (kapacitní dělič). Cívka může být samozřejmě i bez jádra, ale pro nízké kmitočty potřebujeme velkou indukčnost a cívka by pak měla hodně závitů. Kmitočet třibodového oscilátoru se shoduje s rezonančním kmitočtem použitého laděného obvodu

$$f = \sqrt{25\,330/LC} \text{ [kHz; mH, nF]},$$

kde  $C$  je výsledná kapacita kapacitního děliče (to je dvou kondenzátorů v sérii):  $C = (C_1 C_2) / (C_1 + C_2)$ . Poměr kapacit  $C_1:C_2$  volíme 5:1 až 10:1 podle zesilovacího činitele tranzistoru.

#### Přibližný výpočet pro oscilátor 1 kHz

Vhodné jsou cívky na feritových jádrech (hrníčcích) s indukčností od 150 do 1000 mH. Máme-li takovou cívku k dispozici hotovou, změříme její indukčnost a vypočteme kapacitu kondenzátorů. Jinak vineme 300 až 1000 z drátu o  $\varnothing$  0,07 až 0,2 mm podle použitého jádra.

**Příklad:** Naměřená indukčnost je 240 mH. Potřebný kondenzátor pro  $f = 1$  kHz:

$$C = 25\,330/fL = 25\,330/1^2 \text{ kHz} \cdot 240 \text{ mH} = 105 \text{ nF}.$$

Zvolíme  $C_1:C_2 = 6:1$ . Jakou budou mít kapacitu kondenzátorů  $C_1$  a  $C_2$ , zapojené v sérii, pro  $C = 105$  nF a poměr děliče 6:1?

Do rovnice  $C = (C_1 C_2) / (C_1 + C_2)$  si za  $C_1$  z rovnice vyjádříme poměr kapacit,  $C_1/C_2 = 6:1$ , dosadíme  $C_1 = (6:1)C_2 = 6C_2$ . Do první rovnice dosadíme za  $C_1$  výraz  $6C_2$  a dostaneme

$$C = (C_1 C_2) / (C_1 + C_2) = (6C_2 \cdot C_2) / (6C_2 + C_2) = 6(C_2)^2 / 7C_2 = 0,857C_2.$$

Kapacitu  $C$  známe (105 nF), vypočteme  $C_2$

$$C = 0,857C_2, \\ C_2 = C/0,857 = 105/0,857 = 122,5 \text{ nF}.$$

Z rovnice  $C_1 = 6C_2$  vypočteme  $C_1$

$$C_1 = 6C_2 = 6 \cdot 122,5 = 735 \text{ nF}.$$

Máme-li možnost cívku doladit, zvolíme kapacity z nejbližších vyráběných v řadě,  $C_2 = 120$  nF a  $C_1 = 680$  nF, nebo, s ohledem na časté minusové tolerance, 820 nF a cívku na požadovaný kmitočet doladíme. Ověřené údaje  $L$  a  $C$  jsou v tab. 4. Kmitočet lze ovlivnit i nastavením pracovního bodu tranzistoru (rezistor  $R_2$ ).

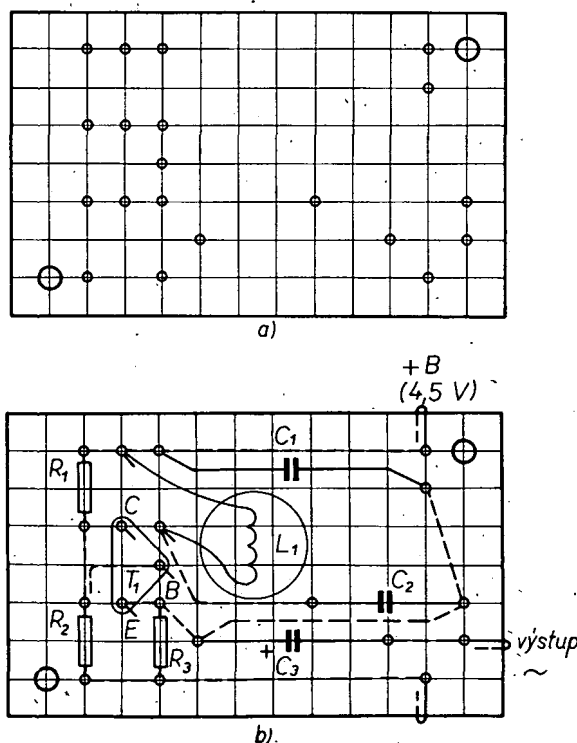
Tab. 4. Ověření indukčnosti cívek a kapacity kondenzátorů  $C_1$ ,  $C_2$  pro nf generátor LC

Kmitočet [kHz]	Počet závitů	Ø drátu [mm]	Indukčnost	Kondenzátory $C_1$	Kondenzátory $C_2$
1,08	1300	0,07	*)	68 nF	10 nF
6,5	590	0,09	*)	8 nF	1,5 nF
0,4	-	-	1 H	1 $\mu$ F	150 nF
1,00	-	-	175 mH	1 $\mu$ F	150 nF
20	-	-	0,5 mH	1 $\mu$ F	150 nF

\*) ferit. hrníček o Ø 14 mm

Po sestavení a uvádění do chodu musíme zpravidla hodnoty součástek upravovat, chceme-li, aby generátor měl kmitočet přesně 1 kHz. Generátor postavíme na pokusnou destičku z izolantu, vrtanou podle obr. 56a, osadíme ji podle obr. 56b. Transistor můžeme použít jakýkoli nf germaniový nebo křemíkový. Při uvádění do chodu stačí sluchátka. Trimrem v bázi tranzistoru (místo  $R_2$ ) nastavíme pracovní bod tak, aby tón ve sluchátkách byl co nejsilnější a příjemný, tj. nezkreslený. Chceme-li nastavit kmitočet generátoru přesně, je nutný osciloskop a měřič kmitočtu. Napětí z generátoru LC je dost velké a poměrně „tvrdé“. Hodí se k napájení můstků RLC a zkušební účely. Někdy je vhodné zařadit na výstup emitorový sledovač. Napájecí napětí může být zvoleno v širokém rozsahu. Generátor s křemíkovým tranzistorem pracuje od 2 do 15 V a s germaniovým tranzistorem dokonce od 0,5 V. Je-li nevhodný poměr indukčnosti a kapacit, nebude sinusovka souměrná.

Obr. 58. Destička pro nf generátor RC; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

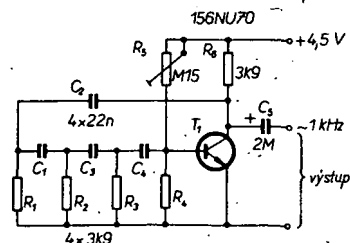


Obr. 56. Destička pro nf generátor LC; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

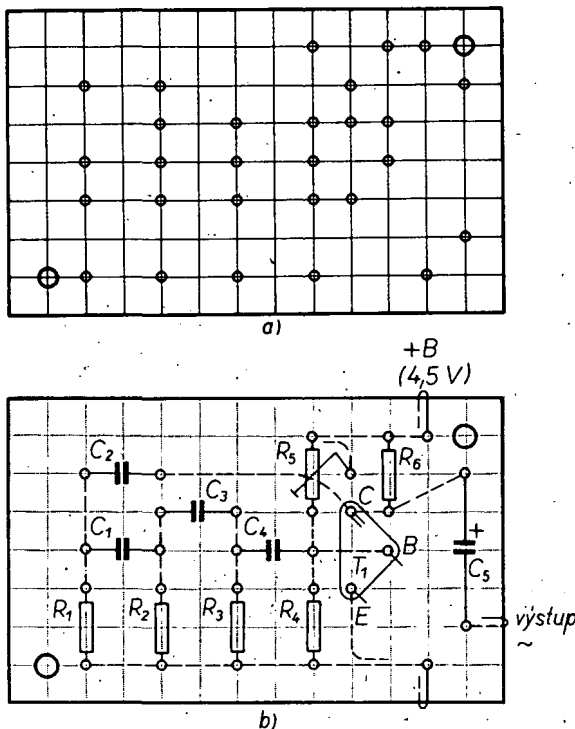
## B-1b Nf generátor RC 1 kHz (sinus)

### Popis a stavba

Generátor popsaný v B-1a je jednoduchý, uvádí se dobře do chodu, má všechny výhody oscilátoru pevného kmitočtu. Nevýhodou je pracné zhotovení cívky. Nechceme-li vinout cívku, stavíme oscilátor RC. Praktická zapojení při použití germaniového a křemíkového tranzistoru jsou



Obr. 57. Schéma zapojení nf generátoru RC, 1 kHz



na obr. 57 a 59. Kmitočet generátoru podle obr. 57 určíme přibližně ze vztahu:  $f = 10^3 / (11CR)$  [kHz; kΩ, nF]. Po dosazení ze schématu na obr. 57 bude:

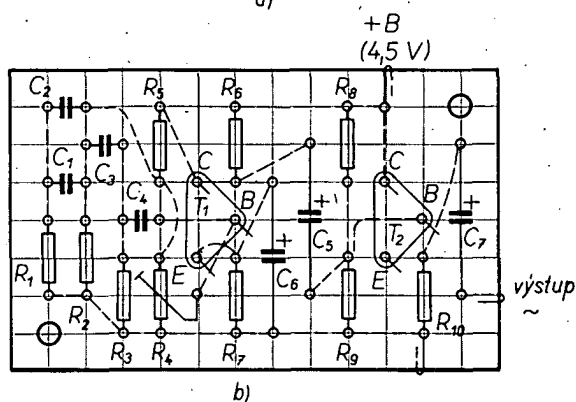
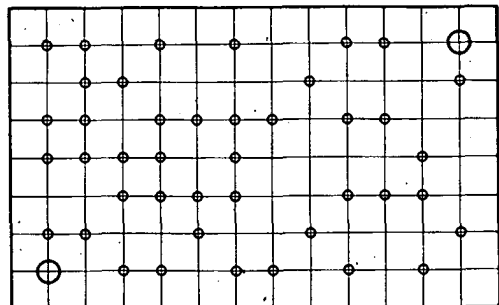
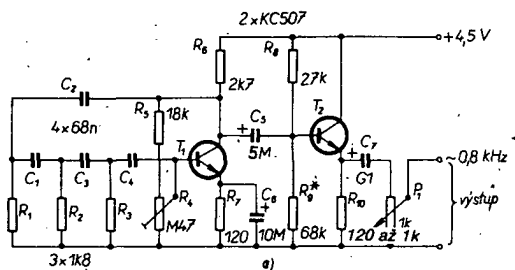
$$f = 10^3 / (11 \cdot 3,9 \text{ k}\Omega \cdot 22 \text{ nF}) = 1,05 \text{ kHz.}$$

Generátor postavíme opět jako pokusné zapojení na izolační destičku podle obr. 58a, desku osadíme podle obr. 58b. Generátor RC je složen z levných součástek, může pracovat až do stovek kHz, ale jeho výstupní napětí je „měkké“. Potřebujeme-li zatížit generátor malým odporem, je na výstupu výhodný emitorový sledovač (tranzistor  $T_2$ , obr. 59). Zapojení generátoru je převzato ze stavebnice Cvrček Radiotechniky Teplice. Při uvádění do chodu nastavujeme především pracovní bod tranzistoru  $T_1$  (trimr v bázi tranzistoru).

## B-1c Nf generátory napětí pravoúhlého průběhu s MH7400

Základní obvod z řady číslicových integrovaných obvodů TESLA má označení MH7400. Je to čtveřice dvojitých pozitivních hradel NAND. S MH7400 lze snadno realizovat řadu zapojení, která pracují jako generátory napětí pravoúhlého průběhu.

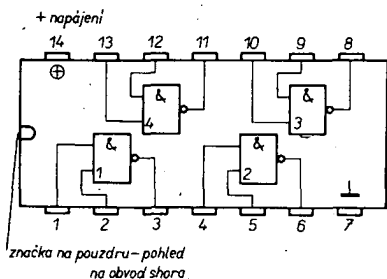
Zapojení vývodů obvodu MH7400 je na obr. 60. Obvod je kreslen v pohledu shora. Použité symboly pro označení dvojitých hradel NAND odpovídají současnému způsobu kreslení (obr. 61). Skutečné zapojení jednoho hradla je na obr. 62. S jedním obvodem MH7400 (tedy se čtyř-



Obr. 59. Generátor RC s křemíkovými tranzistory a emitorovým sledovačem; a) schéma zapojení, b) rozměry a provedení děr, c) rozmístění a zapojení součástek

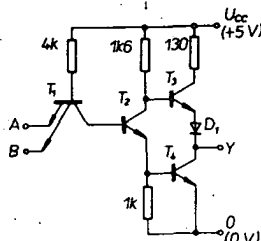
mi hradla NAND) lze realizovat všechny základní logické funkce: logický součin, AND (A); logický součet, OR (NEBO); logickou negaci (inverze), INVERT, a většinu složených logických funkcí: negaci logického součinu (opak AND) NAND, negaci logického součtu (opak OR), NOR, negaci ekvivalence, EXCLUSIVE-OR, dále klopné obvody R-S a hodinové klopné obvody R-S.

Obvody TTL se vyrábějí ve třech základních řadách, MH74, MH84 a MH54 podle rozsahu teplot, za nichž mohou pracovat (viz katalog), nejkvalitnější jsou obvody řady MH54. K základním technickým údajům obvodů TTL patří napájecí napětí,

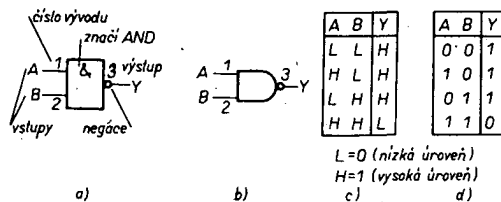


Obr. 60. Zapojení vývodů obvodu MH7400 (pohled shora)

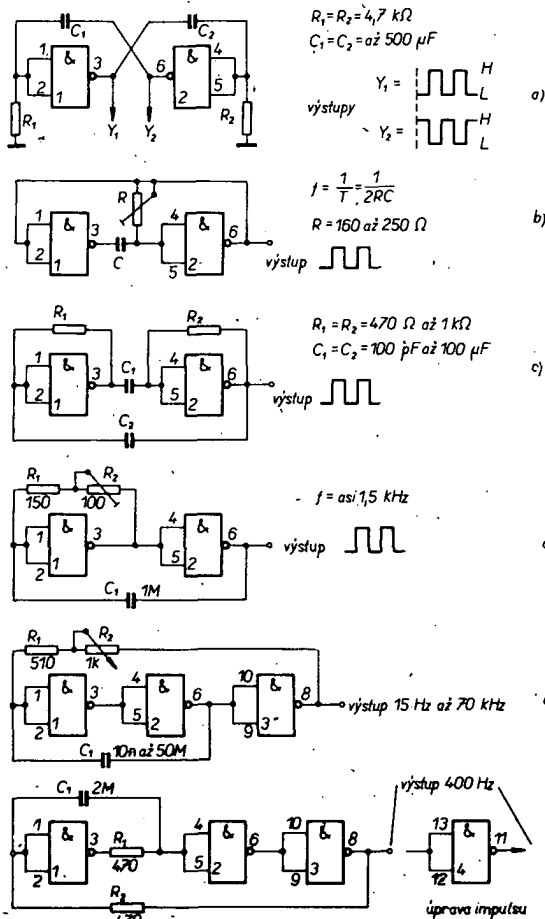
vstupní a výstupní napětí pro logické úrovně, vstupní a výstupní proudy pro logické úrovně, doby zpoždění signálu při průchodu obvodem, odběr proudu ze zdroje atd. Všechny potřebné údaje lze nalézt v každém katalogu. K našim účelům potřebujeme znát ztrátový výkon (jedno hradlo 10 mW) a odběr proudu ze zdroje (celý obvod) (při log. 0 typicky 12 mA, vždy méně než 22 mA a při log. 1 typicky 4 mA, vždy méně než 8 mA).



Obr. 62. Skutečné zapojení hradla NAND



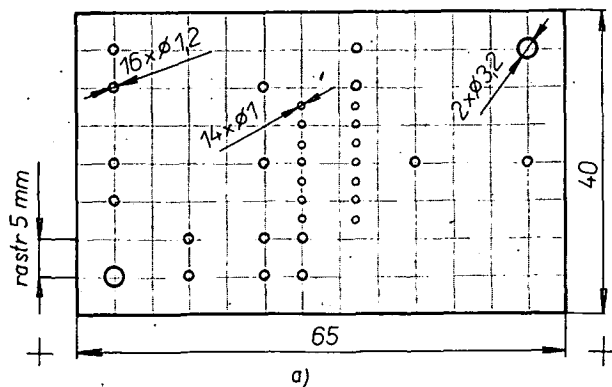
Obr. 61. Porovnání schematických značek hradla NAND a pravdivostních tabulek; a) značka na našich schématech, b) zahraniční značení, c) tabulka s písmeny, d) tabulka s čísly



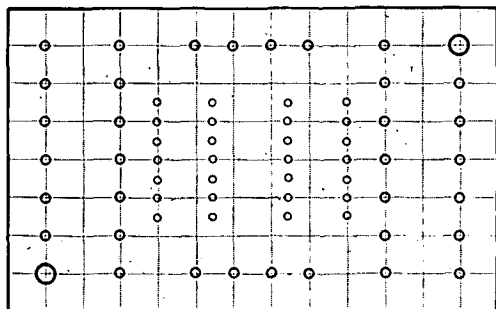
Obr. 63. Generátory vytvořené z hradel NAND; a) souměrný multivibrátor, b) jednoduchý generátor, c) souměrný multivibrátor, d) e) další možná zapojení generátoru, f) generátor s tvarovačem

## Popis generátorů

Nf generátory z hradel NAND obvodu MH7400 jsou velmi jednoduché. Správná činnost obvodu MH7400 je podmíněna napájecím napětím  $5\text{ V} \pm 0,25\text{ V}$  (4,75 až 5,25 V). Napájíme-li obvod z ploché baterie, nesplňujeme základní podmínky, obvod nedosahuje katalogových údajů, pro naše pokusy však zpravidla napětí 4,5 V vyhoví. Pro správnou činnost je třeba baterii přemostit (blokovat) elektrolytickým kondenzátorem 100  $\mu\text{F}/6\text{ V}$  a keramickým kondenzátorem 0,1  $\mu\text{F}$ . Samotný elektrolytický kondenzátor nestačí – vyhovuje pouze pro nízké kmitočty. Zapojení generátorů jsou na obr. 63. Zapojení podle obr. 63a a 63c jsou v podstatě souměrné multivibrátory, v zapojení na obr. 63f využíváme zbylého hradla jako tvarovače (upravuje náběžnou i sestup-



a)



c)

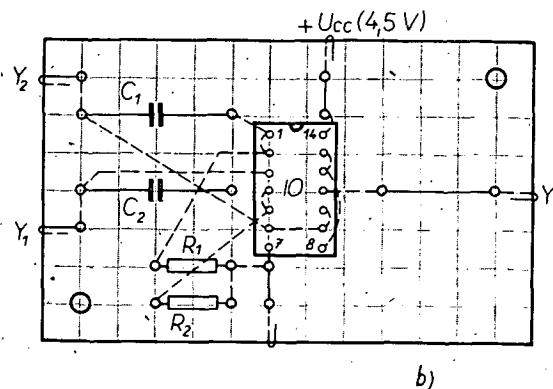
nou hranu impulsu). Vazba mezi výstupem posledního hradla generátoru na vstup tvarovače je přímá (bez dalších součástek), hradel může být zapojeno i několik za sebou, čímž se zlepšuje tvar výstupního impulsu. Impuls se při průchodu hradly časově posouvá o 10 až 20 ns a mění se jeho úroveň (z log. 1 na log. 0). Na jeden výstup hradla je možné zapojit maximálně deset vstupů dalších hradel.

Generátor zapojíme na destičku podle obr. 64a (příp. podle obr. 64c, na níž můžeme dělat celou řadu pokusů). Vývody integrovaného obvodu propojíme se součástkami tenkým drátkem, nejlépe pocínovaným. Generátor zapojíme podle obr. 64b. Vyzkoušíme kondenzátory různých kapacit a sledujeme změnu kmitočtu a tvaru signálu. K těmto pokusům je nutný osciloskop, případně měřič kmitočtu. Nf kmitočet můžeme kontrolovat také sluchátky. Při pozorování tvaru signálu (strmost náběžné a sestupné hrany, zaoblení vrcholů) si musíme uvědomit, že většina levných a jednoduchých osciloskopů má nedokonalé zesilovače, které nejsou schopny zobrazit signály pravoúhlého průběhu. Abychom mohli posuzovat zkreslení signálu nízkých kmitočtů z popísaných generátorů, potřebujeme osciloskop s kmitočtovým rozsahem alespoň 10 MHz.

### B-1d Jednoduchý generátor napětí sinusového a pravoúhlého průběhu 1 kHz

Generátor LC (B-1a) nastavíme na kmitočet 1 kHz a jeho výstupní signál přivedeme na potenciometr tak, abychom ho mohli fídit od nuly do maxima. Signál pravoúhlého průběhu můžeme ze sinusového získat dvěma způsoby:

a) přivést sinusový signál na Schmittův klopný obvod s tranzistorem,

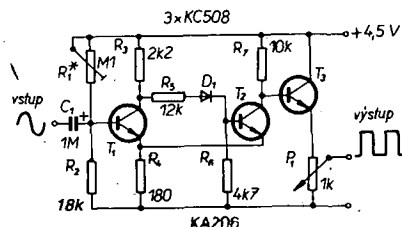


b)

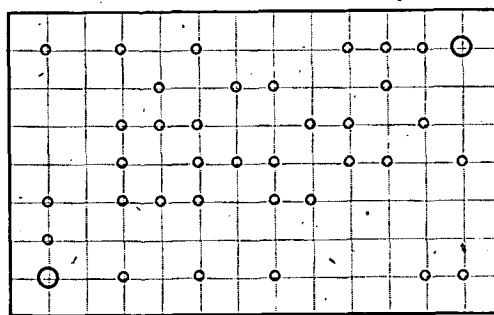
Obr. 64. Destička pro generátor podle obr. 63a; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek, c) rozměry a provedení děr destičky pro pokusná zapojení s obvodem TTL

b) přivést sinusový signál na Schmittův klopný obvod z hradel obvodu MH7400.

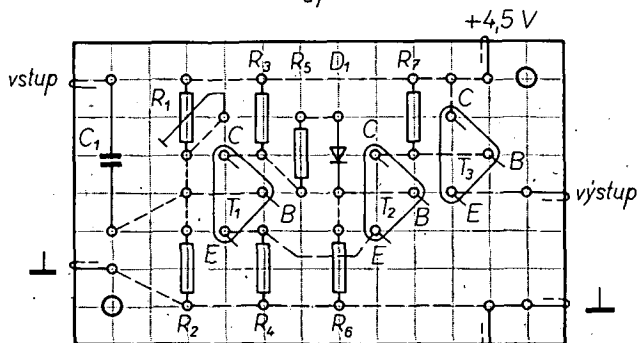
Zvolíme Schmittův klopný obvod s tranzistorem podle obr. 65. Klopný obvod se vyznačuje dvěma stabilními stavy. Jakmile vstupní napětí překročí jistou úroveň (nebo naopak se pod ní zmenší), reaguje klopný obvod změnou stavu, což se na výstupu projeví skokem napětí. Schmittův klopný obvod postavíme na destičku podle obr. 66a a zapojíme podle obr. 66b. Zapojení uvedeme do chodu tak, že běžec trimru  $R_1$  dáme do střední polohy, připojíme napájecí napětí, na vstup přivedeme signál z generátoru LC a na výstup připojíme osciloskop. Běžec trimru  $R_1$  nastavíme do takové polohy, kdy klopný obvod pracuje tak, že poměr impulsu a mezery je 1 : 1. Trimrem  $R_1$  můžeme nastavit i nejmenší napětí, při němž se obvod překlápí. Pozor při otáčení trimrem – nesmíme jeho odpor zcela vyřadit, mohli bychom zničit tranzistor, neboť v zapojení není použit ochranný odpor.



Obr. 65. Schéma zapojení Schmittova klopného obvodu

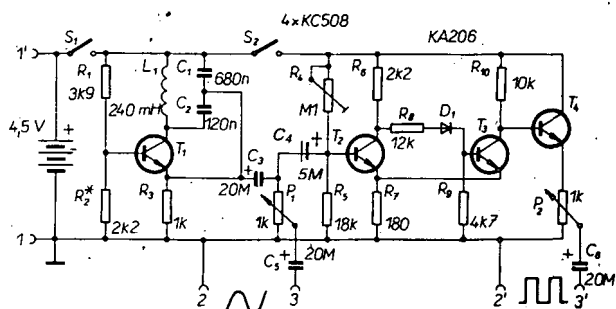


a)



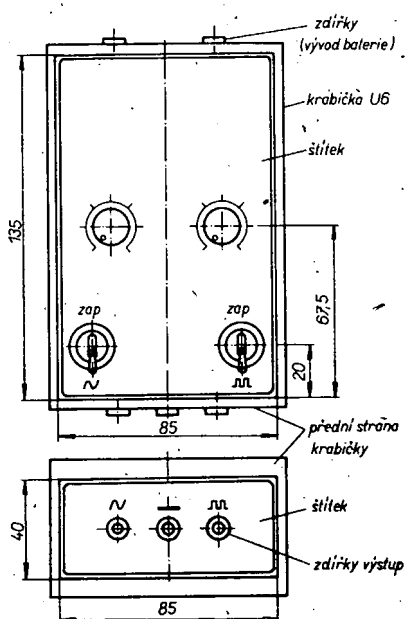
b)

Obr. 66. Destička pro Schmittův klopný obvod; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek



Obr. 67. Schéma zapojení jednoduchého generátoru signálu 1 kHz

Obě destičky – generátor LC a Schmittův klopný obvod – připevníme na panelovou jednotku a zapojíme podle obr. 67. Přední panel uspořádáme podle obr. 68, součásti na základní desku rozmístíme stejně jako u sledovače signálu (obr. 46a). Vhodným řešením je celý generátor včetně baterie vestavět do plastické krabičky U6. Ovládací prvky umístíme na horní část krabičky a zdířky zpředu (obr. 69).

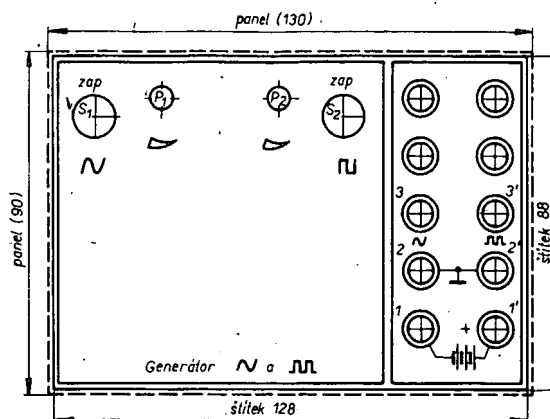


Obr. 69. Rozmístění ovládacích prvků při vestavění generátoru do krabičky U6

#### Rozpiska materiálu

- 1 ks kompletní panel (viz A-3b) nebo krabička U6
- R<sub>1</sub>, R<sub>4</sub> vrstvý rezistor TR 212, 3,9 kΩ
- R<sub>2</sub>, R<sub>6</sub> vrstvý rezistor TR 212, 2,2 kΩ
- R<sub>3</sub> vrstvý rezistor TR 212, 1 kΩ
- R<sub>4</sub> odporový trimr TP 040, 0,1 MΩ
- R<sub>5</sub> vrstvý rezistor TR 212, 18 kΩ
- R<sub>7</sub> vrstvý rezistor TR 212, 180 Ω
- R<sub>8</sub> vrstvý rezistor TR 212, 12 kΩ
- R<sub>9</sub> vrstvý rezistor TR 212, 4,7 kΩ
- R<sub>10</sub> vrstvý rezistor TR 212, 10 kΩ
- C<sub>1</sub> kondenzátor MP TC 180, 680 nF
- C<sub>2</sub> kondenzátor TC 181, 47 nF + 82 nF
- C<sub>3</sub> kondenzátor elektrolytický TE 981, 20 μF
- C<sub>4</sub> kondenzátor elektrolytický TE 984, 5 μF
- C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> kondenzátor elektrolytický TE 984, 20 μF
- T<sub>1</sub> až T<sub>4</sub> tranzistor KC508 (nebo jakýkoli nF tranzistor n-p-n)
- D<sub>1</sub> dioda KA206 (nebo jakákoli vF křemíková dioda)
- L<sub>1</sub> cívka ve ferit. hrnečku, 240 mH (nebo jakákoli s indukčností 150 až 1000 mH)
- S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> spínač páčkový
- P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> potenciometr TP 280, 1 kΩ/N (může být 1 až 5 kΩ)
- 2 ks knoflík

Postavením jednoduchého generátoru napětí sinusového a pravouhlého průbě-



Obr. 68. Rozměry a provedení štítku generátoru

hu s regulací od nuly do maxima dostáváme užitečný přístroj pro zkoušení nf zesilovačů. Pro nastavení co nejmenšího zkreslení, k měření zesílení a výkonu používáme generátor „sinus“ ve spolupráci s osciloskopem a nf milivoltmetrem. Pro informativní zjišťování kmitočtové charakteristiky a sklonu k zakmitávání používáme generátor pravouhlého napětí ve spolupráci s dobrým osciloskopem. Podle tvaru a zaoblení hran signálu usuzujeme na jakost přenosu signálů různých kmitočtů. Generátor pravouhlého napětí používáme stejně jako multivibrátor při zkoušení přijímačů a zesilovačů.

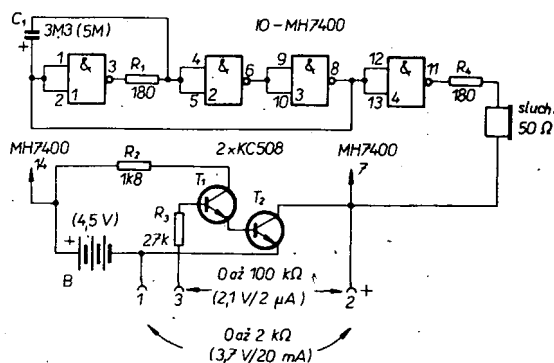
#### B-2 Akustická zkoušečka s MH7400

Při pokusech s generátory nf signálu pravouhlého průběhu podle B-1c jsme zjistili, že kmitočet výstupního signálu je závislý na volbě prvků členu RC a na napájecím napětí. Zvolíme-li zapojení se slyšitelným kmitočtem a připojíme-li k obvodu telefonní sluchátko, mění se tón podle odporu rezistoru. Protože akustický výkon sluchátka je dostatečný, vestavíme ho do krabičky jako reproduktor a vznikne zkoušečka, kterou nemusíme sledovat zrakem, a která rozezná na rozsahu „malé odpory“ i přechodové odpory přepínačů a konektorů, proměnné odpory ve zlamaných šňůrách apod., na rozsahu „velké odpory“ protéká měřeným obvodem proud několik mikroampér a můžeme tedy zkoušet i přechody polovodičových prvků. Zapojení v podstatě odpovídá generátoru podle obr. 63f, je však napájeno proměnným napětím přes neznámý (zkoušený) rezistor. Telefonní sluchátko (50 Ω) je připojeno na čtvrté (varovaci, lépe oddělovací) hradlo přes ochranný rezistor 180 Ω. Druhý vývod sluchátka je

připojen na zem. Obvodem teče velký proud (20 mA), což je nevhodné pro zkoušení polovodičových prvků. Abychom mohli zkoušet i rezistory velkých odporů a mohli pracovat s malým proudem, je použit dvoustupňový tranzistorový zesilovač. Obvod pracuje tak, že podle odporu zkoušeného rezistoru se mění napájecí napětí integrovaného obvodu a tím i tón ve sluchátkách od nejhlubších tónů (velký odpor) až k asi 1 kHz při zkratu. Celkové zapojení je na obr. 70. Zkoušečku postavíme na izolační destičku obr. 71a, osadíme ji podle obr. 71b. Odzkoušenou destičku přišroubujeme dvěma šroubky M3 se zapuštěnou hlavou na nosnou izolační desku 40 × 140 mm, tl. 1 až 1,5 mm, kterou zasuneme na bok plastické krabičky U6. Do krabičky vyvrtáme otvory pro sluchátko, které upevníme příchýtkami nebo mezikružím. Dále vyvrtáme na čelní straně tři díry pro zdířky. Baterii upevníme drátem ke krytu (vičku) krabičky. S ohledem na velmi malé zbytkové proudy obou tranzistorů není třeba baterii vůbec vypínat. Zapojení je velice jednoduché a pracuje na první zapnutí. Výšku tónu při zkratu nastavíme změnou kapacity kondenzátoru C<sub>1</sub>, případně změnou odporu rezistoru R<sub>1</sub> tak, aby tón byl příjemný na poslech.

#### Rozpiska materiálu

- 1 ks plastická krabička U6
- 1 ks izolační destička 40 × 65 mm, tl. 1 až 1,5 mm
- 1 ks izolační destička 40 × 140 mm, tl. 1 až 1,5 mm
- R<sub>1</sub>, R<sub>4</sub> vrstvý rezistor TR 212, 180 Ω
- R<sub>2</sub> vrstvý rezistor TR 212, 1,8 kΩ
- R<sub>3</sub> vrstvý rezistor TR 212, 27 kΩ
- C<sub>1</sub> kondenzátor elektrolytický TE 986, 2 až 5 μF, nebo tantalový kondenzátor TE 122, 3,3 μF
- T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> tranzistor KC508 (KC507 až 9)
- IO integrovaný obvod MH7400



Obr. 70. Schéma zapojení akustické zkoušečky



Obr. 71. Destička pro akustickou zkoušečku; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

a)



Obr. 73. Destička pro žárovkovou zkoušečku; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

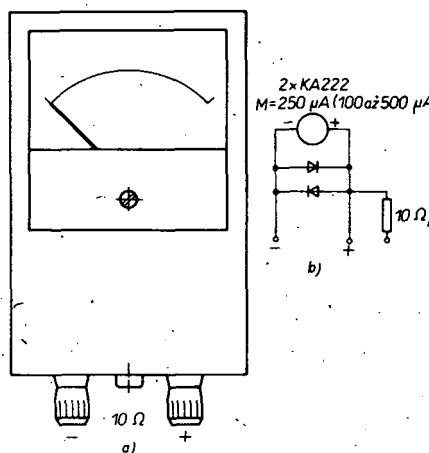
1 ks knoflík WF 24367  
1 ks knoflík WF 241 12 až 13 (podle potenciometru)

## B-4 Jednoduché měřicí přístroje s ručkovým měřidlem

Máme-li k dispozici ručkové měřidlo (miliampérmetr nebo mikroampérmetr), můžeme si zhotovit řadu měřicích přístrojů tak, že:

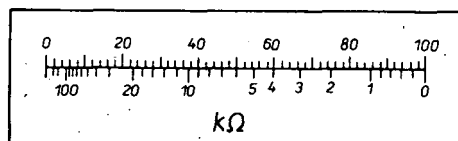
a) měřidlo bud vestavíme do krabičky a jeho svorky vyvedeme vně dvěma kabely opatřenými banánky, konektorem, nebo na krabici umístíme přístrojové svorky (obr. 75a) či kolíky z banánků, čímž vznikne základní část.

Měřidlo ochráníme proti přetížení křemíkovými diodami KA206 nebo KA222 a rezistorem podle obr. 75b. Jednotlivé přístroje (zdroj, voltampérmetr, ohmmetr, měřič tranzistorů, nf milivoltmetr atd.) pak stavíme do krabiček bez měřidla a měřidlo



Obr. 75. Využití jednoho ručkového měřidla pro několik přístrojů: a) vestavění do skříňky (případně panelové jednotky), b) zapojení ochranných diod a ochranného rezistoru

připojujeme ke každému přístroji jen při měření. Stupnice u ručkového měřidla zůstává původní a ke každému přístroji si uděláme korekční tabulku (obr. 76). Tento



Obr. 76. Příklad provedení pomocné stupnice – nahore zakreslena původní stupnice, dole stupnice ohmmetru

způsob není sice elegantní, ale v praxi vyhoví;

b) máme-li měřidel několik, vestavíme měřidlo do každého přístroje. Pak zpravidla upravujeme i stupnici.

Při použití v elektronických přístrojích jsou vhodná měřidla s otočnou cívkou – magnetoelektrická. Otočná cívka má tvar rámečku, je uložena na dvou jehlových čepích (u novějších přístrojů zavěšena na dvou tenkých a pružných kovových páscích) a umístěna v mezeře silného magnetu. Na cívce je upevněna ručka. Proud do cívky se přivádí dvěma spirálovými pružinami nebo pásky, které zároveň vracejí ručku do nulové polohy. Předností měřidla

del s otočnou cívkou je rovnoměrná stupnice, velká citlivost a velký vnitřní odpor. Měří jen stejnosměrný proud, protože výchylka ručky je dána směrem toku proudu cívkou.

Abychom mohli použít ručkové měřidlo, musíme znát jeho čtyři základní údaje: proudový rozsah v mA nebo  $\mu$ A, vnitřní odpor v  $\Omega$ , úbytek napětí při plné výchylce v mV, odpor měřidla na 1 V v k $\Omega$ .

Pro informaci je v tab. 5 přehled vyráběných měřidel MP80, MP120 n. p. Metra

Tab. 5. Vyráběná ručková měřidla řady MP80, MP120

Rozsah	Odpor [ $\Omega$ ]	Úbytek [mV]
25 $\mu$ A	6000	150
100 $\mu$ A	1800	180
250 $\mu$ A	260	65
1 mA	180	180
2,5 mA	50	125
10 mA	3	30
25 mA	2,4	60
1 A	0,06	60
10 A	0,006	60

(číslo za písmeny MP znamená rozměr průřezu měřidla v milimetrech). Dříve vyráběná měřidla byla označována DHR3, DHR5, DHR8, kde číslo za písmeny udává průměr válcové části měřidla, zapuštěné do panelu (v cm). Rozměr průřezu u DHR3 je 44 x 44 mm, u DHR5 70 x 70 mm, u DHR8 110 x 110 mm. Pro informaci je v tab. 6,7 přehled dříve vyráběných měřidel DHR5 a DHR8.

Tab. 6. Údaje dříve vyráběných ručkových měřidel řady DHR5

Rozsah	Odpor [ $\Omega$ ]	Úbytek [mV]
50 $\mu$ A	3900	195
100 $\mu$ A	3900	390
200 $\mu$ A	970	194
500 $\mu$ A	250	125
1 mA	110	110
2 mA	33	66
5 mA	17	85
10 mA	3	30
20 mA	12	60
50 mA	12	60
100 mA	12	60
200 mA	12	60
500 mA	12	60
1 A	12	60
2 A	12	60
5 A	12	60
10 A	12	60

Tab. 7. Údaje dříve vyráběných ručkových měřidel řady DHR8

Rozsah	Odpor [ $\Omega$ ]	Úbytek [mV]
50 $\mu$ A	6000	300
100 $\mu$ A	1350	135
200 $\mu$ A	800	160
500 $\mu$ A	150	75
1 mA	150	150
2 mA	35	70
5 mA	6	30
10 mA	5	50
20 mA	3	60

Proč se vyrábí tolik druhů měřidel, když lze vždy rozsahy měřidla upravit? Při měření napětí potřebujeme, aby voltmetr co nejméně zatěžoval měřený obvod – aby měl velký vnitřní odpor a potřeboval co

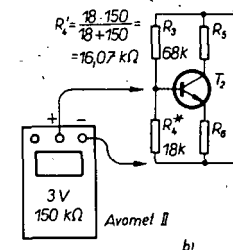
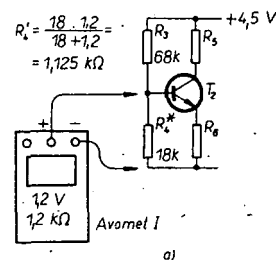
nejmenší proud na plnou výchylku ručky. Z tabulek vidíme, že pro tyto účely vyhoví měřidla s co nejmenším základním proudovým rozsahem. Musíme si uvědomit, že proud potřebný pro plnou výchylku měřidla musí voltmetrem protéct, aby mohl přístroj napětí ukázat. Musí být tedy měřený obvod schopen při určitém napětí takový proud dát.

Chceme např. měřit napětí na bázi tranzistoru  $T_2$  sledovače (obr. 47a). Na děliči tvořeném  $R_3$  a  $R_4$  je při napájecím napětí 4,5 V podle výpočtu napětí asi 0,94 V.

K měření použijeme dva přístroje: AVOMET I – s odporem 1 k $\Omega$ /1 V = 1 mA pro plnou výchylku, AVOMET II – s odporem 50 k $\Omega$ /1 V = 20  $\mu$ A pro plnou výchylku. Avomet I je na rozsahu 1,2 V – vnitřní odpor  $R$  přístroje je tedy  $R = 1 \text{ k}\Omega$ , 1,2 V = 1,2 k $\Omega$ .

Avomet připojíme na bázi  $T_2$  a – pól zdroje (zem), obr. 77a, tedy paralelně k  $R_4$  (18 k $\Omega$ ). Odpor rezistoru  $R_4$  se tím změní na:  $R'_4 = R_4 / (R_4 + R) = (18 \cdot 1,2) / (18 + 1,2) = 1,125 \text{ k}\Omega$ .

Tím se změní poměr odporů děliče a napětí na bázi  $T_2$  se zmenší na 0,07 V. Tento údaj ukáže měřicí přístroj a tranzistor  $T_2$  se připojením měřicího přístroje „uzavře“. Avometem I tedy v tomto případě měřit nelze.



Obr. 77. Měření napětí na bázích tranzistoru; a) přístrojem s malým vnitřním odporem (nevhodné), b) přístrojem s velkým vnitřním odporem (vhodné)

Při měření přístrojem Avomet II na rozsahu 3 V je odpor  $R$  měřidla  $R = 50 \text{ k}\Omega$ . 3 V = 150 k $\Omega$ . Připojením měřicího přístroje na bázi  $T_2$  se  $R_4$  (18 k $\Omega$ ) změní na:

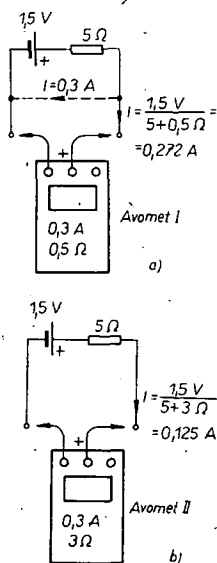
$$R'_4 = R_4 / (R_4 + R) = 18 \cdot 150 / (18 + 150) = 16,07 \text{ k}\Omega.$$

Vidíme, že se poměr odporů děliče změnil podstatně méně než při měření Avometem I. Napětí na bázi  $T_2$  se zmenší na 0,86 V. Nechceme-li zatěžovat měřený obvod připojeným voltmetrem, je vždy lepší přepnout přístroj na co nejvyšší napěťový rozsah, měřená napětí číst na začátku stupnice a spokojit se s údajem přečteným méně přesně. Pro měření napětí potřebujeme tedy přístroj s co největším vnitřním odporem.

Elektronkové, tranzistorové a číslicové voltmetry mají zpravidla vstupní odpor na všech rozsazích stejný a to 1 až 100 MΩ.

Při měření proudu potřebujeme naopak měřicí přístroj s co nejmenším vnitřním odporem, aby úbytek napětí na měřidle byl co nejmenší. Avomet I má úbytek na všech stejnosměrných proudových rozsazích 150 mV. Avomet II má úbytek na stejnosměrných proudových rozsazích od 3 mA výše mnohem větší – 900 mV.

Požadavky na měřicí přístroj vysvitnou opět z příkladu: K baterii 1,5 V připojíme odpor 5 Ω. Podle Ohmova zákona bude tudíž odporem protékat proud  $I = U/R = 1,5 \text{ V} / 5 \Omega = 0,3 \text{ A}$ . Avomet I zapojíme podle obr. 78a, přepneme ho na rozsah 0,3 A (odpor 0,5 Ω). Přístroj by měl ukázat plnou výchylku 0,3 A, protože je na něm úbytek napětí 0,15 V, bude ukazovat proud  $I = (U - U_{\text{AI}}) / R = (1,5 \text{ V} - 0,15 \text{ V}) / 5 \Omega = 0,270 \text{ A}$ .



Obr. 78. Měření proudu na baterii s napětím 1,5 V: a) přístrojem s malým vnitřním odporem (vhodné), b) přístrojem s velkým vnitřním odporem (nevhodné)

Při zapojení Avometu II (obr. 78b) na rozsahu 300 mA (odpor 3 Ω „zmenší“ napětí zdroje o 0,9 V) přístroj bude ukazovat místo 0,3 A jen  $I = (U - U_{\text{AI}}) / R = (1,5 \text{ V} - 0,9 \text{ V}) / 5 \Omega = 0,12$ . Změřený proud se liší od skutečnosti a měření je nesprávné.

Přesvědčili jsme se, že pro měření proudu potřebujeme ampérmetr s co nejmenším odporem, aby úbytek napětí při měření byl co nejmenší. Avomet II je méně vhodný k měření proudu v obvodech s malým napájecím napětím. Avomet I je lepší – měří s menší chybou.

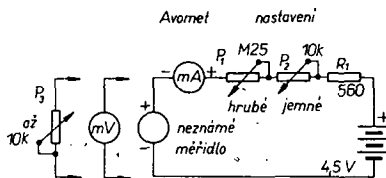
#### Co s neznámým měřidlem

Máme měřidlo s otočnou cívku, které chceme použít. Z dělení stupnice a údajů na stupnici obvykle poznáme, k čemu sloužilo. V pravém dolním rohu stupnice najdeme údaje:

- polohy – svislá, šikmá, vodorovná,
- o použitém systému – magnetoelektrický, elektromagnetický, elektrodynamický apod.,
- třídy přesnosti – 2,5 – 1,5 – 1 – 0,5 – 0,2 (značí chybu v %),

– dovoleného napětí proti kostře: červená hvězdička znamená 500 V; je-li přístroj zkoušen na napětí větší, je udáno v kV ve hvězdičce: 2–3–5–10–20–30–50.

Tyto údaje jsou pro nás důležité. Potřebujeme však znát všechny základní údaje. Někdy je stupnice cejchována v základním rozsahu – pak je zjišťování snazší (přístroj má např. stupnici rozdělenou na 100 dílků s označením V). Potřebujeme: a) zjistit základní proudový rozsah ( $I_0$ ). Měřidlo zapojíme společně se známým přístrojem (nejlépe Avomet) podle obr. 79.



Obr. 79. Schéma zapojení pro zjištění základních údajů neznámého měřidla

Potenciometry  $P_1$  a  $P_2$  nastavíme na maximální odpor, zapojíme baterii a zmenšujeme odpor  $P_1$ , až neznámé měřidlo ukáže plnou výchylku, výchylku jemně upravíme potenciometrem  $P_2$ . Na Avometu přečteme naměřený proud – měl by být v mezích 20 μA až 10 mA. Je-li tomu jinak, má asi měřidlo uvnitř předřadný odpor nebo bočník; ten je třeba odpojit, abychom mohli měřit samotný systém. Naměřený proud  $I_0$  zapíšeme – např.: 250 μA;

b) zjistit vnitřní odpor ( $R_0$ ). Vnitřní odpor bud změříme, nebo vypočteme z úbytku napětí na měřidle při plné výchylce. Vnitřní odpor nelze zjistit změřením ohmmetrem nebo můstkem, musíme ho změřit nepřímou, že z obvodu pro měření základního proudového rozsahu měřidlo odpojíme a místo něj zapojíme potenciometr  $P_3$  ( $P_1$  a  $P_2$  jsou v původní nastavené poloze, kdy mělo měřidlo plnou výchylku). Potenciometrem  $P_3$  pomalu otáčíme tak dlouho, až ručka Avometu dosáhne stejné výchylky, jako když bylo v obvodu zapojeno měřidlo. Pak je odpor potenciometru stejný, jako vnitřní odpor neznámého měřidla. Potenciometr  $P_3$  odpojíme a jeho odpor přesně změříme; jeho odpor by měl být v rozmezí 3 Ω až 10 kΩ (na našem měřidle jsme naměřili 260 Ω);

c) zjistit úbytek napětí při plné výchylce ručky ( $U_0$ ) (údaj potřebný k výpočtu bočníků ampérmetru). Známe-li  $I_0$  a  $R_0$ , můžeme  $U_0$  vypočítat z Ohmova zákona:

$$U = RI \Rightarrow U_0 = R_0 I_0 = 260 \Omega \cdot 0,25 \text{ mA} = 65 \text{ mV}.$$

Napětí  $U_0$  můžeme i změřit milivoltmetrem, připojeným paralelně ke svorkám neznámého měřidla (obr. 79). Potenciometry  $P_1$  a  $P_2$  nastavíme plnou výchylku ručky neznámého měřidla (připojením milivoltmetru se obvykle zmenší) a milivoltmetr ukáže napětí na měřidle v milivoltech. Možná použít Avomet I – rozsah 150 mV, nebo Avomet II – rozsah 300 mV, nejlepší je číslicový voltmetr;

d) zjistit odpor měřidla na 1 V ( $R_{1V}$ ), což je údaj potřebný k výpočtu předřadných odporů voltmetru. Odpor měřidla na 1 V ( $R_{1V}$ ) vypočítáme ze základního proudového rozsahu ( $I_0$ ) pomocí Ohmova zákona:

$$R_{1V} = 1 \text{ V} / I_0 = 1 \text{ V} / 0,25 \text{ mA} = 4 \text{ k}\Omega.$$

Připojíme-li k našemu měřidlu rezistor o odporu 4 kΩ zmenšeném o  $R_0 = 260 \Omega$  (tedy 3740 Ω), je z měřidla voltmetr s rozsahem 1 V (tzn. 1 V na plnou výchylku). Odpor měřidla na 1 V je vlastně převrácenou hodnotou základního proudového rozsahu:

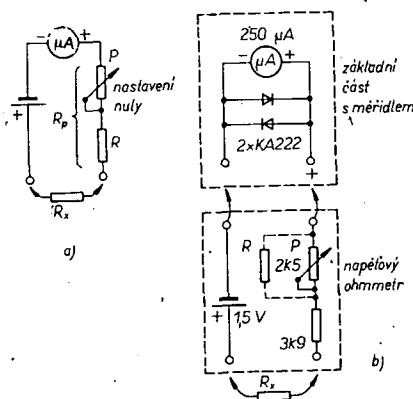
$$R_{1V} = 1 / I_0.$$

Dosazujeme-li proud v miliampérech, odpor bude v kΩ.

Z vypočítaného odporu  $R_{1V}$  můžeme vypočítat předřadný odpor pro libovolný napěťový rozsah.

#### B-4a Napěťový ohmmetr

Využijeme-li zapojení pro zjišťování základního proudového rozsahu (obr. 79) tak, že místo známého miliampérmetru nebo Avometu zapojíme ke svorkám neznámý odpor ( $R_x$ ), získáme napěťový ohmmetr (obr. 80a). Ohmmetr nastavíme tak, že zkratujeme svorky  $R_x$  a potenciometrem  $P_2$  nastavíme přesně plnou výchylku ručky – nulový odpor. Při rozpojení svorkách je ručka přístroje na nule = nekonečně velký odpor. Pro stavbu napěťového ohmmetru využijeme našeho měřidla se základním rozsahem 250 μA (0,250 mA) se stupnicí rozdělenou na 100 dílků a s odporem na 1 V ( $R_{1V} = 1 \text{ V} / 0,25 \text{ mA} = 4 \text{ k}\Omega$ ).



Obr. 80. Zapojení napěťového ohmmetru a) schéma zapojení, b) schéma zapojení ohmmetru s použitím základní části s měřidlem

Použijeme-li baterii 1,5 V, musíme zařadit do obvodu rezistor (včetně odporu měřidla), jehož odpor vypočteme např. z Ohmova zákona:

$$R = U / I = U_{\text{bat}} / I_0 = 1,5 \text{ V} / 0,25 \text{ mA} = 6 \text{ k}\Omega.$$

Předřadný rezistor  $R_p$  musí mít odpor

$$R_p = R - R_0 = 6 \text{ k}\Omega - 0,260 \text{ k}\Omega = 5,740 \text{ k}\Omega,$$

aby obvodem protékal proud 0,250 mA a měřidlo ukazovalo plnou výchylku. Jak velký odpor budeme moci ještě tímto ohmmetrem změřit? Stupnice má 100 dílků, vychyli-li se ručka jen o 1 dílek při měření velkého odporu, bude na jednom dílku vlastně 1,5 V (napětí baterie). Tímto odporem jsme zvětšili rozsah přístroje 100× – z původního neznámého rezistoru se stal rezistor, který vlastně plní funkci předřadného odporu pro voltmetr s rozsahem 150 V.

Neznámý odpor  $R_x = R_{1V} U_{\text{bat}} \cdot 100 = (4 \text{ k}\Omega / 1 \text{ V}) \cdot 1,5 \text{ V} \cdot 100 = 600 \text{ k}\Omega$ .

Zvětšíme-li napětí baterie na 4,5 V (plochá baterie), rozsah ohmmetru se zvětší. Odpor v obvodu baterie pro plnou výchylku měřidla bude:

$$R = R_{IV} U_{baterie} = 4 \text{ k}\Omega / 1 \text{ V} \cdot 4,5 \text{ V} = 18 \text{ k}\Omega.$$

Výchylka ručky o jeden dílek odpovídá odporu:

$$R = R_{IV} U_{baterie} = (4 \text{ k}\Omega / 1 \text{ V}) \cdot 4,5 \text{ V} \cdot 100 \text{ dílků} = 1800 \text{ k}\Omega = 1,8 \text{ M}\Omega$$

Budeme-li měřicí přístroj napájet ještě větším napětím, zvětší se rozsah tak, že můžeme zjišťovat i svody kondenzátorů.

### Provedení

Zvolíme si napájecí napětí 1,5 V. Odpor předřadného rezistoru  $R_p$  bude podle výpočtu 5,740 k $\Omega$ . Abychom mohli dobře nastavit nulu (napětí baterie se mění), rozdělíme  $R_p$  na pevný rezistor 3,9 k $\Omega$  a potenciometr 2,5 k $\Omega$ /N, čímž můžeme ohmmetr vynulovat ještě při napětí baterie 1 V. Nemáme-li takový potenciometr, použijeme potenciometr s větším odporem dráhy a paralelním rezistorem ho upravíme asi na 2,5 k $\Omega$ . Přístroj vestavíme do samostatné krabičky a zabezpečíme ho proti chybnému připojení dvěma křemíkovými diodami a rezistorem. Předřadný rezistor, potenciometr, zdířky a baterii vestavíme do druhé krabičky a zapojíme podle obr. 80b. Ohmmetr ocejchujeme – zhotovíme si tabulku, podle níž nakreslíme dvě stupnice – nahoru původní 100 dílkovou a pod ní vypočtenou stupnici odporů. Tím se vyhneme pracnému překreslování stupnice měřidla. Nakreslené stupnice nalepíme na krabičku ohmmetru.

### Postup výpočtu stupnice

Známe-li napětí baterie ( $U_b$ ) a změříme-li proud ( $I_m$ ) obvodem s neznámým odporem  $R_x$  a měřidlem (známe jeho proudový rozsah, má rovnoměrnou stupnici), pak je celkový odpor  $R_c$  dán Ohmovým zákonem:  $R_c = U_b / I_m$ , kde  $R_c$  je složen z odporů  $R_x$  a  $R$ ;  $R = R_p + R_0$ . Neznámý odpor  $R_x$  je tedy  $R_x = (U_b / I_m) - R$ . Proud  $I_m$  dosazujeme v mA a odpor v k $\Omega$ .

Proud procházející měřidlem vypočteme ze základního proudového rozsahu  $I_0$ , počtu dílků stupnice ( $d_{st}$ ) a dílků naměřených ( $d_n$ ) podle vztahu:

$$I_m = I_0 d_n / d_{st}.$$

**Příklad:** Měřidlo po připojení neznámého rezistoru bude ukazovat 35 dílků,  $I_m = (0,250 \text{ mA} \cdot 35) / 100 = 0,0875 \text{ mA}$ , jeho odpor bude:

$$R_x = (U_b / I_m) - R = (1,5 \text{ V} / 0,0875) - 6 \text{ k}\Omega = 11,142 \text{ k}\Omega.$$

Je nevhodné mít na celých dílcích stupnice měřidla neokrouhlé hodnoty odporu. Proto si pro zhotovení tabulky a stupnice výpočet upravíme. Ze základního vzorce:

$$R_x = (U_b / I_m) - R$$

si vyjádříme  $I_m$ :

$$I_m = U_b / (R_x + R).$$

Proud  $I_m$  protékající měřidlem nás bude zajímat pro celé hodnoty odporů  $R_x$ . Abychom nemuseli přepočítávat proud a mohli pracovat jen s dílky stupnice, upravíme rovnici tak, že za proud  $I_m$

dosadíme vztah pro přepočet dílků na proud:

$$I_0 \cdot \text{počet dílků vypočtených} (d_n) = \frac{U_b}{\text{počet dílků stupnice} (d_{st})} \cdot \frac{U_b}{R_x + R}.$$

Naměřené nebo lépe vypočtené dílky stupnice ( $d_n$ ) vyjádříme úpravou rovnice:  $d_n = (U_b / (R_x + R)) (d_{st} / I_0)$ .

**Příklad:** Chceme vědět, na kterém dílku stupnice bude značka pro odpor 20 k $\Omega$ .

$$d_n (\text{dílků}) = \frac{U_b}{R_x + R} \cdot \frac{d_{st}}{I_0} = \frac{1,5 \text{ V}}{20 \text{ k}\Omega + 6 \text{ k}\Omega} \cdot \frac{100 \text{ dílků}}{0,250 \text{ mA}} = 23,07 \text{ dílků}.$$

Již jsme vypočítali, že náš ohmmetr může s napájením 1,5 V změřit na prvním dílku stupnice odpor 600 k $\Omega$ . Rozsah ohmmetru je tedy 0 až 600 k $\Omega$  a průběh stupnice je podobný průběhu logaritmického. Podle toho si zvolíme  $R_x$  označené na stupnici tak, aby je bylo možno na stupnici napsat, a vypočítáme dílky stupnice.

Zvolené  $R_x$ :

0–0,2–0,4–0,6–0,8–1–2–3–4–5–6–7–8–9–10–20–40–60–80–100–200–400–600 k $\Omega$ .

**Příklad:** Který dílek stupnice bude odpovídat odporu  $R_x = 0,2 \text{ k}\Omega$ ?

$$d_n = \frac{U_b}{R_x + R} \cdot \frac{d_{st}}{I_0} = \frac{1,5 \text{ V}}{0,2 \text{ k}\Omega + 6 \text{ k}\Omega} \cdot \frac{100}{0,250 \text{ mA}} = 96,77 \text{ dílků}$$

stupnice.

Pro další počítání si veličiny, které se nemění ( $U_b$ ,  $d_{st}$ ,  $I_0$ ), vypočteme jako konstantu  $k$ :

$$k = (1,5 \text{ V} \cdot 100) / 0,25 \text{ mA} = 600.$$

Zjednodušený vzorec pro výpočet dílků ( $d_n$ ) je:

$$d_n = k / (R_x + R).$$

Pro  $R_x = 0,4 \text{ k}\Omega$  bude

$$d_n = 600 / (0,4 + 6) \text{ k}\Omega = 93,75 \text{ dílků stupnice.}$$

Pro  $R_x = 0,6 \text{ k}\Omega$  bude

$$d_n = 600 / (0,6 + 6) \text{ k}\Omega = 90,90 \text{ dílků stupnice.}$$

Takto si vypočteme celou tabulku a nakreslíme stupnici (obr. 76). Stupnici lze určit, aniž bychom museli použít odporovou dekádu nebo odporové normály pro ocejchování. Stačí přesně změřit základní rozsah a vnitřní odpor měřidla.

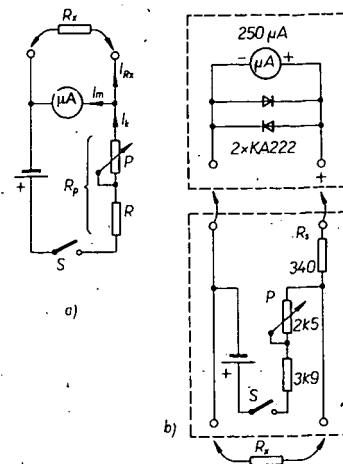
### B-4b Proudový ohmmetr

Napětový ohmmetr měří dobře velké odpory. Potřebujeme-li dobře měřit i malé odpory, použijeme tzv. proudový ohmmetr. U ohmmetru se neznámý odpor  $R_x$  připojuje paralelně k měřidlu – představuje vlastně bočník a zvětšuje proudový rozsah měřidla (obr. 81a). Při spojených svorkách pro  $R_x$  (nulový odpor) ukazuje proudový ohmmetr nulu (obráceně než ohmmetr napětový) a při rozpojených svorkách maximální výchylku. Ohmmetr musí být opatřen spínačem baterie.

Protéká-li měřidlem proud  $I_m$  a měřeným odporem proud  $I_{Rx}$ , pak lze napsat:

$$I_m / I_{Rx} = R_x / R_0,$$

kde  $R_0$  je vnitřní odpor měřidla. Platí, že



Obr. 81: Zapojení proudového ohmmetru; a) schéma zapojení, b) schéma zapojení ohmmetru s použitím základní části s měřidlem

konstantní proud  $I_k$  (baterie s  $R_p$  je zdrojem konstantního proudu) je součtem  $I_m$  a  $I_{Rx}$ , proto můžeme psát:

$$\frac{I_m}{I_k} = \frac{R_x}{R_x + R_0} = \frac{\text{počet dílků naměřených} (d_n)}{\text{počet dílků stupnice} (d_{st})}$$

nebo:

$$R_x / (R_x + R_0) = d_n / d_{st}.$$

Z toho úpravou dostáváme:

$$R_x = R_0 (d_n / (d_{st} - d_n)).$$

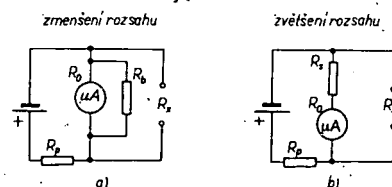
U proudového ohmmetru tedy porovnáme neznámý odpor  $R_x$  s poměrně malým vnitřním odporem měřidla. Tento odpor určuje rozsah proudového ohmmetru a při odporu  $R_x$  rovném vnitřnímu odporu měřidla ( $R_0$ ) bude ručka uprostřed stupnice za předpokladu, že ohmmetr je napájen ze zdroje konstantního proudu.

### Provedení ohmmetru

Protože používáme stejné měřidlo jako pro ohmmetr napětový ( $I_0 = 0,250 \text{ mA}$ ,  $R_0 = 260 \Omega$ ,  $U_0 = 65 \text{ mV}$ ) a napájecí baterii 1,5 V, budeme mít zájem, aby i stupnice byla stejné dělena. U napětového ohmmetru jsme měli uprostřed stupnice odpor 6 k $\Omega$  a na stupnici měli možnost dobře číst odpory 600  $\Omega$  až 60 k $\Omega$ . Proudový ohmmetr navrhne tak, aby ručka uprostřed stupnice ukazovala odpor 10 $\times$  menší, tj. 600  $\Omega$ . Bude tedy nutné zvětšit vnitřní odpor měřidla z 260  $\Omega$  na 600  $\Omega$  přidáním sériového rezistoru (obr. 82b):

$$R_s = 600 \Omega - 260 \Omega = 340 \Omega.$$

Pevné rezistory, potenciometr, spínač, baterii a 4 zdířky vestavíme do krabičky



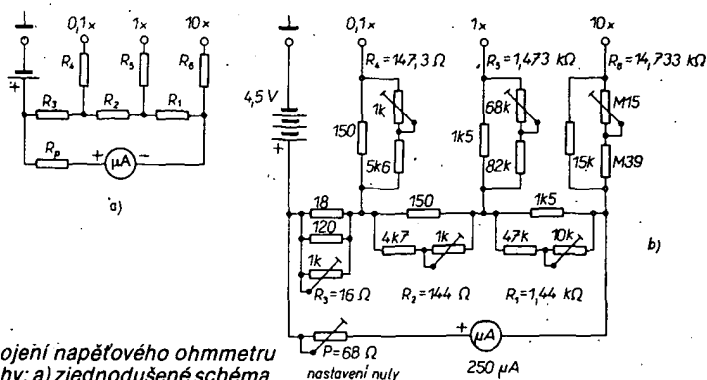
Obr. 82: Princip úpravy rozsahu měřidla pro proudový ohmmetr; a) zmenšení rozsahu paralelním rezistorem, b) zvětšení rozsahu sériovým rezistorem

a zapojíme podle obr. č. 81b. Na jeden pár zdířek připojíme kabelky pro základní část s měřidlem a na druhý pár  $R_x$ .

Navrhovaný proudový ohmmetr slouží k seznámení se zapojením a zjednodušenou teorií těchto přístrojů. Takto navržený proudový ohmmetr nebude měřit přesně (především malé odpory), neboť není splněna základní podmínka pro zdroj konstantního proudu:  $R_p$  by měl být 50 až 100× větší než odpor měřidla.

### B-4c Napěťový ohmmetr s třemi rozsahy

Chceme-li měřit jedním přístrojem rezistory malých i velkých odporů, je možné buď přepínat napěťový ohmmetr na proudový – nevýhodou je obrácená stupnice, nebo použít napěťový ohmmetr s kombinovaným děličem pro několik rozsahů – výhodou je jedna stupnice. Rozhodneme se pro druhou variantu, zvolíme přístroj se třemi rozsahy a napájecím napětím 4,5 V podle obr. 83. V zásadě jde o miliampérmetr s bočníkem pro tři proudové rozsahy.



Obr. 83. Zapojení napěťového ohmmetru s třemi rozsahy; a) zjednodušené schéma, b) skutečné zapojení

hy. Použijeme naše měřidlo s  $I_0 = 0,25$  mA. Připojením bočníků ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) zvětšíme proudový rozsah měřidla. Zvolíme první rozsah  $I_1 = 0,3$  mA, druhý  $I_2 = 3$  mA a třetí  $I_3 = 30$  mA. Aby bylo možno snadno nastavit nulu (vyrovnat napětí baterie o 20 % při jejím stárnutí), zvětšíme  $U_0$  o 20 % proměnným rezistorem  $R_p$ ,  $U_0$  bude tedy možno nastavit v rozmezí 65 mV až 80 mV ( $U_0$ ).

Při nastavení ručky měřidla na 0 Ω bude měřidlem protékat proud 0,25 mA. Celkový odpor obvodu  $R = R_p + R_0 \cdot R = U'_0 / I_0 = 80 \text{ mV} / 0,25 \text{ mA} = 320 \Omega$ , odpor měřidla  $R_0 = 260 \Omega$ , předřadný rezistor  $R_p$  bude:  $R_p = R - R_0 = 320 \Omega - 260 \Omega = 60 \Omega$ .

Pro nastavení nuly použijeme drátový potenciometr (WN 691 70, 68 Ω). Odpory rezistorů  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  počítáme ze základních údajů a proudů:

$$I_0 = 0,250 \text{ mA}, \quad I_1 = 0,3 \text{ mA}, \\ R_0 = 260 \Omega, \quad I_2 = 3 \text{ mA}, \\ R'_0 = 320 \Omega, \quad I_3 = 30 \text{ mA}.$$

Celkový odpor bočníku ( $R_b = R_1 + R_2 + R_3$ ):

$$R_b = R'_0 \frac{I_0}{I_1 - I_0} = \frac{0,25 \text{ mA}}{0,3 \text{ mA} - 0,25 \text{ mA}} = 1,6 \text{ k}\Omega.$$

$$\text{Rezistor } R_1: R_1 = I_0 (R_b + R_0) \frac{I_2 - I_1}{I_2 I_1} = 0,250 \text{ mA} (1,6 \text{ k}\Omega + 0,32 \text{ k}\Omega).$$

$$\frac{3 \text{ mA} - 0,3 \text{ mA}}{3 \text{ mA} \cdot 0,3 \text{ mA}} = 1,44 \text{ k}\Omega.$$

Stejně vypočítáme  $R_2$ ,  $R_2 = 0,144 \text{ k}\Omega$ , a  $R_3$ ,  $R_3 = 16 \Omega$ . Zbývá vypočítat předřadné rezistory  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  pro jednotlivé rozsahy. Pro proud  $I_1 = 0,3$  mA a napájecí napětí 4,5 V bude celkový odpor obvodu  $R_{c1}$ :

$$R_{c1} = U_b / I_1 = 4,5 \text{ V} / 0,3 \text{ mA} = 15 \text{ k}\Omega.$$

$R_6$  vypočteme:

$$R_6 = R_{c1} - U'_0 / I_1 = 15 - (0,08 / 0,3) = 14,733 \text{ k}\Omega.$$

Stejně postupujeme při výpočtu  $R_5$  pro proud  $I_2$ , a při výpočtu  $R_4$  pro proud  $I_3$ ,

$$R_5 = 1,473 \text{ k}\Omega, \quad R_4 = 0,1473 \text{ k}\Omega.$$

Stupnice ohmmetru bude pro všechny tři rozsahy stejná. Na prostředním rozsahu ( $\times 1$ ) – odpovídá proudu 3 mA – bude  $R_x$  při výchylce ručky na 1 dílek (což je 1/100 rozsahu = 0,03 mA) z Ohmova zákona:

$$R_x = U_b / I = 4,5 \text{ V} / 0,03 \text{ mA} = 150 \text{ k}\Omega.$$

Na jednotlivých rozsazích bude odpovídat výchylka ručky na prvním dílku stupnice těmto  $R_x$ : 15 kΩ – 150 kΩ – 1,5 MΩ, což jsou největší odpory, které bude možné na stupnici přečíst. Přibližně v prostředku stupnice budou odpory 0,15, 1,5 a 15 kΩ.

#### Provedení

Napěťový ohmmetr s třemi rozsahy umístíme do krabičky bez měřidla. Do krabičky namontujeme zdířky, rezistory  $R_1$  až  $R_6$ , drátový potenciometr 68 Ω (nebo vrstvý 100 Ω). Vrstvové potenciometry jsou výhodnější pro možnost jemnějšího nastavení.

K předřadným rezistorům a rezistorům bočníku: Rezistor  $R_1 = 1,44 \text{ k}\Omega$  se nevyrábí, použijeme proto odpor větší, nejblíže v řadě E12 nebo E24, tj. 1,5 kΩ a přesně ho změříme. Naměříme např. 1,48 kΩ. Požadovaný odpor 1,44 kΩ dosáhneme paralelním připojením rezistoru  $R_{x1}$

$$\frac{1}{R_{x1}} = \frac{1}{1,44 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{1,48 \text{ k}\Omega}.$$

$$R_{x1} = 53,27 \text{ k}\Omega.$$

53,27 kΩ se také nevyrábí; buď ho můžeme „vyměřit“ z 56 kΩ, nebo spojit do série 39 kΩ + 12 kΩ, popř. použít 56 kΩ bez měření a spokojit se s malou

nepřesností ohmmetru. Nejlepší je použít nejblíže větší odpor v řadě, vypočítat k němu paralelní odpor a ten nahradit odporovým trimrem. Tím získáme možnost nastavit přesné odpory rezistorů při cejchování. Pro možnost jemného nastavení lze místo trimru použít kombinaci rezistor + trimr v sérii (odpor trimru by měl mít asi 20 % potřebného odporu). Odpor  $R_1$  bude tedy tvořen rezistorem z řady E12 (1,48 kΩ) a rezistorem 47 kΩ v sérii s odporovým trimrem 10 kΩ. Stejně postupujeme při  $R_2$  a dalších rezistorech.

Rezistory  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  umístíme na jednu destičku a  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  na druhou. Nejprve připojíme k měřidlu bočníky  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ . Potenciometr pro nastavení nuly nastavíme tak, aby úbytek na  $R_p$  a měřidlo bylo vypočítaných 80 mV. Pak nastavíme  $R_1$  tak, aby konečná výchylka ručky měřidla odpovídala přesné proudu 30 mA. Zkontrolujeme střed stupnice (15 mA). Souhlasit musí především střed stupnice, tam se měří nejčastěji. Po nastavení nejvyššího rozsahu nastavujeme rozsah 3 mA a na konec 0,3 mA. Po skončení vše znovu zkontrolujeme a případné odchylky upravíme. Při cejchování máme v sérii spolehlivé měřidlo (Avomet apod.).

Tím jsme z našeho měřidla zhotovili miliampérmetr s rozsahy 0,3 – 3 – 30 mA. Připojíme  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  a přístroj cejchujeme jako voltmetr na jmenovité napětí baterie. Připojíme stabilizovaný zdroj (4,5 V, kontrolujeme přesným voltmetrem) a  $R_4$ ,  $R_5$  a  $R_6$  nastavíme tak, aby ručka našeho měřidla byla přesně na konci stupnice při napětí 4,5 V. Ověříme ještě funkci potenciometru pro nastavení nuly. Zmenšíme napájecí napětí o 10 %, ručku nastavíme na konec stupnice a zmenšené napětí připojíme i na ostatních dvou rozsazích – ručka by měla ukazovat vždy konec stupnice. Používáme-li jako zdroj baterii (je to zdroj měkky), bude nutné nulu nastavit na každém rozsahu.

Stupnici zhotovíme pro prostřední rozsah, tj. 0 až 150 kΩ, bude mít zhruba logaritmický průběh. Přibližně uprostřed stupnice bude 15 kΩ. Zvolíme si  $R_x$  a vypočteme dílky stupnice. Nejprve určíme konstantu  $k$  z napětí baterie  $U_b$ , dílky stupnice  $d_{st}$  a rozsahu měřidla upraveného pro daný měřicí rozsah  $I'_0$

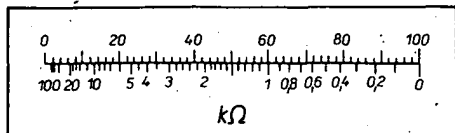
$$k = U_b d_{st} / I'_0 = (4,5 \text{ V} \cdot 100) / 3 \text{ mA} = 150.$$

Zjednodušený vzorec pro výpočet dílků ( $d_n$ ), odpovídající zařazenému neznámému rezistoru  $R_x$  o odporu např. 0,2 kΩ k přístroji, je:

$$d_n = k / (R_x + R_{c2}) = 150 / (0,2 + 1,5) \text{ k}\Omega = 88,235 \text{ dílků. Pro } R_x = 0,4 \text{ k}\Omega \text{ bude } d_n = 150 / (0,4 + 1,5) \text{ k}\Omega = 78,947 \text{ dílků. Podle stejného vzorce vypočteme všechny ostatní údaje do tabulky (tab. 8). Stupnici nakreslíme na proužek papíru pod lineární stupnici 0 až 100 dílků (obr. 84)}$$

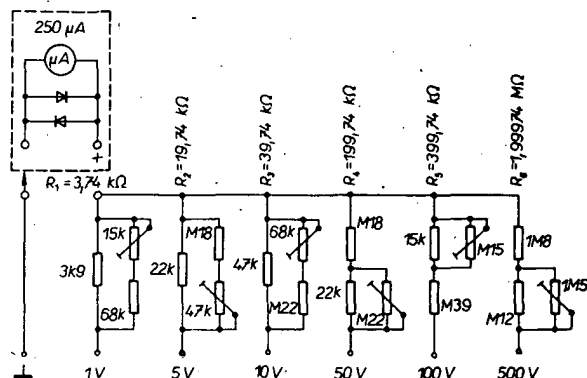
Tab. 8. Odpory  $R_x$  [kΩ] a vypočítané dílky stupnice

$R_x$	Dílky	$R_x$	Dílky	$R_x$	Dílky
0	100	2,5	37,500	40	3,614
0,1	93,750	3	33,333	50	2,912
0,2	88,235	3,5	30,000	60	2,439
0,3	83,333	4	27,272	70	2,097
0,4	78,947	4,5	24,999	80	1,840
0,5	75,000	5	23,076	90	1,639
0,6	71,428	6	20,000	100	1,477
0,7	68,181	7	17,647	110	1,345
0,8	65,217	8	15,789	120	1,234
0,9	62,499	9	14,285	130	1,140
1	60	10	13,043	140	1,060
1,5	49,929	20	6,976	150	0,990
2	42,857	30	4,761		



Obr. 84. Příklad nakreslení a průběhu stupnice pro napěťový ohmmetr

Obr. 86. Schéma zapojení voltmetru s několika rozsahy

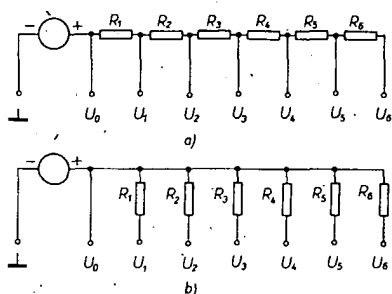


a nalepíme na krabičku našeho vícerozsahového ohmmetru.

**Poznámka.** Pozor na polaritu svorek ohmmetru, je důležitá při zkoušení polovodičových prvků. Řídí se podle polarit baterie a nikoli podle polarit měřidla! Polaritu svorek lze vysledovat ze schématu na obr. 83. Nejsme-li si u některých ohmmetrů polaritou jisti, připojíme na jeho svorky místo rezistoru  $R_x$  stejnosměrný voltmetr a o polaritě svorek se přesvědčíme měřením. Např. u Avometu II není na střední svorce označené + při měření odporů kladný pól, ale kladný pól napájecího napětí tam musí být přes měřený rezistor nebo polovodičový přechod přiveden, aby přístroj ukazoval správně. Z uvedených důvodů často vznikají rozdílné názory na vodivost měřeného tranzistoru. Musíme si uvědomit, že v elektrotechnice stále platí, že elektrický proud teče od kladného pólu k zápornému, tedy ve směru šipek schematických značek diod a tranzistorů. Šipky tedy ukazují směr toku proudu, tok elektronů je opačný.

### B-4d Jednoduchý stejnosměrný voltmetr

K měření stejnosměrných napětí si zhotovíme další doplněk k našemu měřidlu. Pro dobrý voltmetr potřebujeme měřidlo se základním rozsahem  $I_0$  menším než 1 mA, jinak je měřený obvod příliš zatěžován. Měřidlo s  $I_0 = 0,250$  mA vyhovuje. Důležitá je vhodná volba měřicího rozsahu s ohledem na stupnici. U několika rozsahových ručkových měřidel nejsou vhodné násobky rozsahu deseti (1 V, 10 V, 100 V atd.), rozsahy se málo překrývají a na začátku stupnice je pak čtení málo přesné. Vhodné jsou násobky třemi – tj. 1, 3, 10, 30, 100, 300, 1000; vyžaduje to však dvě stupnice. Nejlepší jsou násobky dvěma (např. Avomet – 3, 6, 12, 30, 60, 120, 300, 600). Čtení je pak velmi dobré a stačí jedna stupnice. Pro náš voltmetr a stupnici dělenou na 100



Obr. 85. Zapojení předřadných rezistorů pro voltmetr s několika rozsahy; a) zapojení rezistorů v sérii, b) zapojení rezistorů voltmetru, kdy každý rozsah má svůj rezistor

dílků zvolíme kompromis: násobíme 5 nebo dělíme 2. Navrhované rozsahy jsou: 1, 5, 10, 50, 100, 500 V. Předřadné rezistory pro voltmetr mohou být zapojeny dvěma způsoby: buď za sebou (v sérii) – výhodou je, že jednotlivé rezistory vycházejí menší jak odporem v  $\Omega$ , tak ztrátou ve W (při měření na nejvyšším rozsahu teče proud všemi rezistory, obr. 85a), nebo musí být pro každý rozsah samostatný rezistor. Výhodou je, že se odpory rezistorů snadněji nastavují a při nastavování vzájemně neovlivňují (obr. 85b). Zvolíme druhý způsob. Měřicí rozsahy budeme volit přepojováním zkoušecího hrotu do příslušných zdílek (jedna zdíčka společná a šest zdílek pro jednotlivé rozsahy). Odpory upevníme na děrované destičky a použijeme opět sérioparalelní kombinace. Zapojení je na obr. 86.

### Výpočet předřadníků

Potřebujeme znát odpor měřidla na 1 V (pro měřidlo 0,25 mA):

$$R_{1V} = 1/0,25 \text{ mA} = 4 \text{ k}\Omega$$

Pro rozsah 1 V potřebujeme  $R_1$ :

$$R_1 = (\text{měřicí rozsah} \cdot R_1) - (\text{odpor měřidla } R_0) = (1 \text{ V} \cdot 4 \text{ k}\Omega) - 0,260 \text{ k}\Omega = 3,740 \text{ k}\Omega$$

Použijeme rezistor 3,9 k $\Omega$ , změříme ho – jeho odpor je 3,93 k $\Omega$ , potřebujeme paralelní rezistor  $R_{x1}$ :

$$\frac{1}{R_{x1}} = \frac{1}{3,74} - \frac{1}{3,93}$$

$$R_{x1} = 77,35 \text{ k}\Omega$$

Použijeme rezistor 68 k $\Omega$  a odporový trimr 15 k $\Omega$  v sérii. Stejně budeme postupovat při výpočtu  $R_2$  až  $R_6$ .

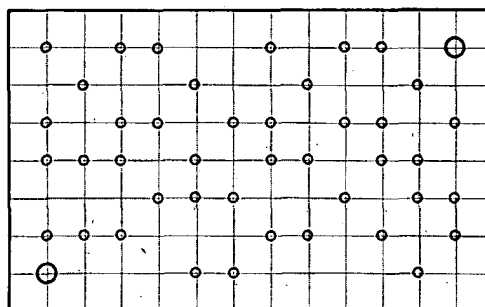
Doplňkové sériové rezistory se vždy snažíme použít s co nejmenším odporem, abychom měli možnost jemného nastavení.

Známe-li  $R_1$  až  $R_6$ , vypočítáme jejich zatížení ve wattch při plné výchylce měřidla ze vztahu:

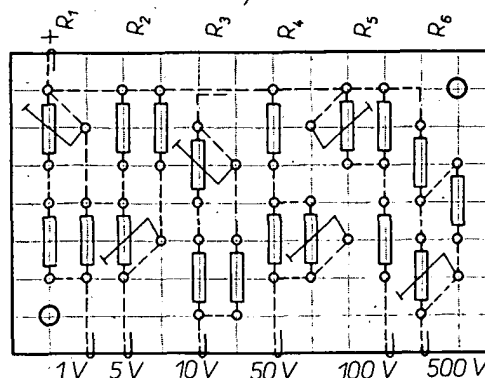
$$P = R I^2 \text{ [W; } \Omega, \text{ A]}.$$

Za  $I$  dosazujeme proud měřidla. Uvažujeme-li, že úbytek napětí na měřidle je velmi malý, „spotřebuje se“ téměř veškeré měřené napětí na předřadném odporu. Zvolíme si proto k výpočtu jednodušší vztah  $P = UI$ ,  $P_{R1} = 1 \text{ V} \cdot 0,00025 \text{ A} = 0,00025 \text{ W}$ , tj. 0,25 mW.

Stejně vypočítáme i  $P_{R2} = 1,25 \text{ mW}$ ,  $P_{R3} = 2,5 \text{ mW}$ ,  $P_{R4} = 12,6 \text{ mW}$ ,  $P_{R5} = 25 \text{ mW}$ ,  $P_{R6} = 0,125 \text{ W}$ , rezistory můžeme proto použít typu TR 212, pouze



a)



b)

Obr. 87. Destička pro voltmetr s několika rozsahy; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

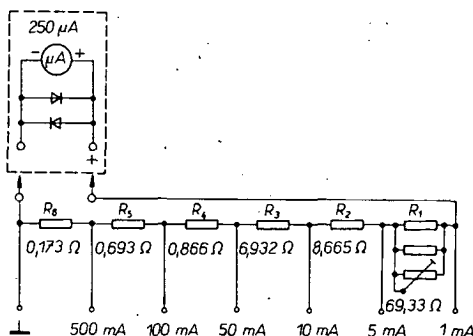
$R_6$  zvolíme typu TR 213. Rezistory a odporové trimry upevníme na děrovanou desku podle obr. 87a a zapojíme podle obr. 87b a schématu.

### Cejchování

K cejchování jednotlivých rozsahů použijeme regulovatelný zdroj a dobrý voltmetr (např. Avomet II). Začneme od nejnižšího rozsahu 1 V. Avomet II nastavíme na rozsah 3 V, oba voltmetry zapojíme paralelně a výstupní napětí zdroje nastavíme přesně na 1 V (čteme na Avometu). Ručku cejchovaného voltmetru nastavíme na konec stupnice opatrným otáčením trimrem pro rozsah 1 V. Pak zkontrolujeme střed stupnice, 0,5 V. Nesouhlasí-li, rozhodneme se, na kterém místě stupnice budeme cejchovat. Uvažujeme-li, že většinou se čtou údaje na jiných místech stupnice než na konci, dáваме někdy přednost přesnému nastavování rozsahu v polovině stupnice. Chyba v linearitě stupnice bývá způsobena tím, že většina panelových přístrojů má stupnice tištěné a nepřizpůsobené přesně systému měřidla. Chyba v procentech je na stupnici vyznačena v pravém rohu dole a my nevíme, v kterém místě stupnice je největší.

### B-4e Jednoduchý miliampérmetr

Stejným způsobem jako voltmetr si zhotovíme doplněk k našemu měřidlu pro měření stejnosměrných proudů. Proudové rozsahy zvolíme stejné: 1 – 5 – 10 – 50 – 100 – 500 mA. Rezistory pro jednotlivé rozsahy jsou zapojeny podle obr. 88 v sérii a tvoří dohromady bočník pro nejnižší



Obr. 88. Schéma zapojení miliampérmetru s několika rozsahy (paralelně k  $R_1$  je 470 Ω a trimr 4,7 kΩ)

proudový rozsah. Měřicí rozsah budeme volit přepojováním zkušebních hrotů do příslušných zdířek (jako u voltmetru).

#### Výpočet bočníků

Pro výpočet potřebujeme znát základní proudový rozsah měřidla  $I_0$  (je 0,25 mA) a vnitřní odpor  $R_0$  měřidla (je 260 Ω). Požadovaným proudovým rozsahům / odpovídají příslušné rezistory (bočníky), pro rozsah  $I_1 = 1$  mA bude bočník  $R_1$ , pro  $I_2 = 5$  mA bude bočník  $R_2$  až pro  $I_6 = 500$  mA bude  $R_6$ . Nejprve vypočteme celkový odpor bočníku  $R_b$ :

$$R_b = R_0 \frac{I_0}{I_1 - I_0} = 0,26 \text{ k}\Omega \cdot \frac{0,25 \text{ mA}}{1 \text{ mA} - 0,25 \text{ mA}} =$$

$$= 0,08666 \text{ k}\Omega = 86,66 \Omega.$$

$$\text{Pak } R_1 = I_0 (R_b + R_0) \left( \frac{I_2 - I_1}{I_1 I_0} \right) = \\ = 0,25 \text{ mA} (0,0866 \text{ k}\Omega + 0,26 \text{ k}\Omega) \frac{(5 - 1) \text{ mA}}{(5 - 1) \text{ mA}} = \\ = 0,06933 \text{ k}\Omega = 69,33 \Omega.$$

Stejným způsobem vypočítáme  $R_2$  (8,665 Ω),  $R_3$  (6,932 Ω),  $R_4$  (0,8665 Ω) a  $R_5$  (0,6932 Ω).

Poslední z bočníků,  $R_6$ , počítáme podle vztahu:

$$R_6 = (R_b + R_0) (I_0 / I_6), \\ R_6 = (0,0866 \text{ k}\Omega + 0,26 \text{ k}\Omega) \cdot (0,25 \text{ mA} / 500 \text{ mA}) = 0,0001733 \text{ k}\Omega = 0,1733 \Omega.$$

Zkontrolujeme, zda se součet všech bočníků  $R_1$  až  $R_6$  rovná  $R_b$ :

$$R_b = 69,33 + 8,665 + 6,932 + 0,8665 + 0,6932 + 0,1733 = 86,66 \Omega.$$

Vyhovuje.

Vypočítáme zatížení jednotlivých odporů ve watttech ze vztahu  $P = R I^2$ ; zatížení  $R_1$  bude 69 μW,  $R_2$  0,21 mW,  $R_3$  0,69 mW,  $R_4$  2,1 mW,  $R_5$  6,9 mW,  $R_6$  43 mW.

$R_1 = 69,33 \Omega$  zhotovíme z rezistorů 82 Ω a 470 Ω, zapojených paralelně. Pro jemné nastavení zapojíme k odporům paralelně odporový trimr 4,7 kΩ,  $R_2$  až  $R_6$  zhotovíme z odporového drátu ze starých drátových potenciometrů, případně z drátových odporů lakovaných nebo tmelejších. Protože se velmi těžko měří malé odpory, změříme odpor jednoho nebo několika metrů drátu a pro příslušný odpor si délku úměrou vypočteme.

**Příklad:** Drát délky  $l = 2$  m (přesně) má odpor 31,84 Ω.

Potřebujeme-li  $R_2 = 8,665 \Omega$ , kolik metrů  $l_x$  drátu potřebujeme?

$$R : l = R_2 : l_x$$

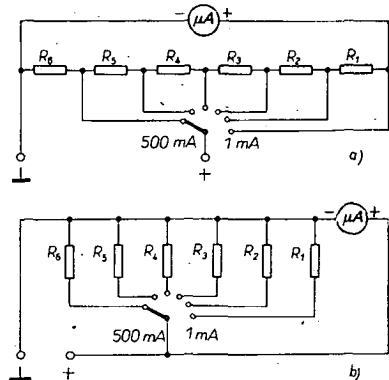
vyjádříme-li  $l_x = R_2 l : R$ ,  $l_x = (8,665 \cdot 2) : 31,84 = 0,5442$  m. Stejným způsobem vypočteme ostatní odpory. Jaké tloušťky použít odporový drát pro jednotlivé odpory, aby se průchodem proudem příliš neohříval? Pro naše účely stačí jednoduchá úvaha – průměr drátu v mm vynásobíme dvěma a dostáváme maximální proud v A, kterým můžeme odporový drát zatížit, pro nejvyšší proudový rozsah 0,5 A stačí tedy drát o  $\varnothing$  0,25 mm. Dráty ustříháme asi o 5 % delší, abychom měli možnost při cejchování odpor přesně nastavit. Konce drátu dobře očistíme (nožem, jemným smirkovým papírem) a pocínujeme. Většina odporových drátů se špatně pájí. Pokusíme se proto po očištění konce pocínovat na proužku novoduru, který v jednom místě důkladně nahřejeme pistolovou páječkou, až se ohřáté místo spálí (zčernalá). Pak na zčernalé místo nanese dostatek kalafuny a kapku cínu. Na toto místo položíme konec odporového drátu, přitiskneme smyčkou pistolové páječky a ohřejeme. V roztaveném cínu a kalafuně drátem pohybujeme po „spáleném“ novoduru. Po několikerém protažení se většina odporových drátů pocínuje tak, že je můžeme připájet. Dobře se tímto způsobem cínují i konce lakovaných drátů a vřlanek, aniž bychom je museli čistit mechanicky. Odporový drát s pocínovanými konci navineme na vrstvý rezistor 0,25 až 1 W o odporu desítek kΩ. Jeden konec odporového drátu „natočíme“ na vývod rezistoru a připájíme. Druhý konec připájíme jen provizorně.

### Cejchování

Po zapojení celého bočníku na zdířky našeho miliampérmetru nastavíme nejpr-

ve nejnižší rozsah 1 mA. Do série s cejchovaným přístrojem zapojíme přesný miliampérmetr (Avomet II) a sériový rezistor asi 4,7 kΩ. Přístroj připojíme na regulovatelný zdroj a na Avometu nastavíme přesně 1 mA. Otáčíme trimrem u  $R_1$ , až cejchovaný přístroj ukazuje přesně plnou výchylku 1 mA. Tím je nastaven bočník a začínáme cejchovat od  $R_6$ , tj. nejvyšší proudový rozsah. Nestačí-li zdroj dodat potřebný proud, spokojíme se s nastavením např. při polovičním proudu, např. rozsah 500 mA cejchujeme při proudu 250 mA. Ukazuje-li cejchovaný přístroj větší výchylku než má, odporový drát zkrátíme. Shoduje-li se údaj cejchovaného přístroje s údajem Avometu, je rozsah nastaven a cejchujeme další. Celý postup opakujeme tak dlouho až zjistíme, že jsou všechny rozsahy správně nastaveny. Pak pečlivě připájíme provizorně pájené konce odporových drátů.

Místo zdířek můžeme použít u přístroje přepínač a zapojit bočníky podle obr. 89a.



Obr. 89. Schéma zapojení miliampérmetru s přepínačem; a) při použití sdruženého bočníku (výhodné), b) při použití samostatných bočníků (nevýhodné)

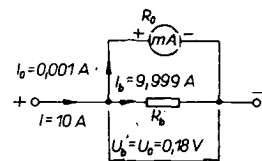
Někdy se vyskytují zapojení, která mají pro každý rozsah samostatný bočník (obr. 89b). Při nastavování se jednotlivé bočníky vzájemně neovlivňují, nevýhodou však je, že při přepínání rozsahů je po krátkou dobu měřidlo bez bočníku a teče jím plný proud (možnost zničení měřidla). Další nevýhodou je, že při měření na vyšších proudových rozsazích je měřidlo silně tlumeno. Proto použijeme raději sdruženého bočníku.

### B-4f Stejnosměrný ampérmetr

Chceme si z ručkového měřidla (např. miliampérmetru MP80) se základním rozsahem 1 mA zhotovit ampérmetr pro proud 10 A. Tedy nepřepínaný měřicí přístroj s jedním odporem, zapojeným paralelně k měřidlu jako bočník (obr. 90).

#### Výpočet bočníku

Měřením a výpočtem jsme zjistili, že měřidlo má základní proudový rozsah



Obr. 90. Schéma zapojení miliampérmetru při použití jako ampérmetru

$I_0 = 1 \text{ mA}$ , vnitřní odpor  $R_0 = 180 \Omega$  a úbytek napětí při plné výchylce  $U_0 = 180 \text{ mV}$ . Víme, že plná výchylka měřidla má odpovídat proudu 10 A. Musíme tedy připojit k měřidlu paralelně rezistor (bočník), jímž poteče proud 9,999 A a měřidlem 0,001 A (1 mA). Ze základních údajů víme, že při plné výchylce měřidla je na jeho svorkách (tedy i na bočníku) napětí 0,18 V (180 mV). Je tedy snadné vypočítat odpor bočníku  $R_b$  z Ohmova zákona:

$$R_b = \frac{U_0}{I_b} = 0,18 \text{ V} / 9,999 \text{ A} = 0,0180018 \Omega.$$

Takový odpor se nesnadno měří a zhotovuje v amatérských podmínkách. Proto si pomůžeme tak, že ho zhotovíme z tenkého plechového pásku (obr. 91a), jehož rozměry vypočteme z měrného odporu použitého materiálu. Bočník zhotovíme s menším odporem (o 5 až 10%) a při cejchování pásek pilníkem zužujeme nebo odvíráme malé díry (zmenšuje se průřez – zvětšuje se odpor), až přístroj ukáže správnou výchylku. Materiál na bočník musí být dostupný a musí mít velký měrný odpor  $\rho$  a malý teplotní součinitel odporu  $\alpha$ :

Materiál	$\alpha$ [%/°C]	$\rho$ [mm <sup>2</sup> /m]	
ocel	0,005	0,1 až 0,2	dostupné – naprosto nevyhovující,
měď	0,004	0,0178	velká změna odporu při změně teploty (ohřátí bočníku)
hliník	0,004	0,027	
zinek	0,004	0,06	
mosaz	0,0015	0,08	dostupné – vyhovuje
transfor. plech	0,0009	0,5	dostupné – vyhovuje
topný drát Kanthal	0,00006	1,4	
konstantan	0,00005	0,5	těžko dostupné – nejlepší
manganin	0,00002	0,42	

Z tabulky vidíme, že dostupným a vyhovujícím materiálem je mosaz, použít lze i transformátorový plech (křemíkový – 4% Si). Má velký měrný odpor, lepší teplotní součinitel než mosaz a je běžně k dispozici.

#### Bočník z mosazi

Jak velký průřez bude mít pásek bočníku pro proud 10 A? Mosaz má asi 4,4× větší odpor než měď, volíme tedy proudové zatížení 4,4× menší než u mědi (až 20 A/mm<sup>2</sup>), tj. 4,5 A/mm<sup>2</sup>. Pro proud 10 A potřebujeme průřez S:

$$S = \frac{10 \text{ A}}{4,5 \text{ A/mm}^2} = 2,2 \text{ mm}^2.$$

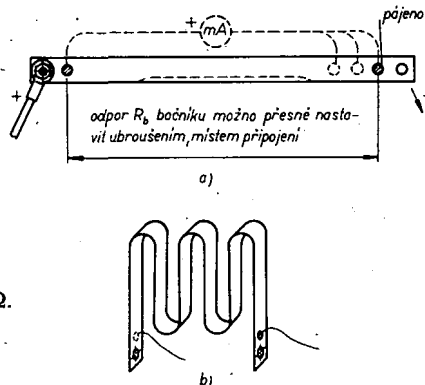
Zvolíme-li si mosazný plech tl. 0,3 mm, bude jeho šířka  $\delta$ :

$$\delta = \frac{S}{\text{tl.}} = \frac{2,2}{0,3} = 7,33 \text{ mm}.$$

Délka pásku  $l$  pro odpor bočníku  $R_b = 0,0180018 \Omega$  bude za předpokladu, že měrný odpor mosazi  $\rho = 0,08 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ :

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{0,0180018 \Omega \cdot 2,2 \text{ mm}^2}{0,08 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}} = 0,495 \text{ m}.$$

Budeme-li používat ampérmetr jen pro krátkodobé měření, můžeme průřez zmenšit na polovinu. Tím se délka pásku zkrátí také na polovinu. Místo mosazného pásku můžeme použít i drát. Pásek nebo drát vytváříme do meandru (obr. 91b), aby zabíral co nejméně místa a dobře se chladil. Vývody k měřidlu na bočník připájíme nebo přišroubovujeme. Protože je přesné nastavení odporu bočníku pilováním pracné, je výhodnější zhotovit bočník s větším odporem a vývody k měřidlu



Obr. 91. Provedení bočníku ampérmetru; a) z pásku rovného, b) z pásku tvarovaného

připájet z toho místa pásku, kdy při jmenovitém proudu ukazuje měřidlo správnou výchylku.

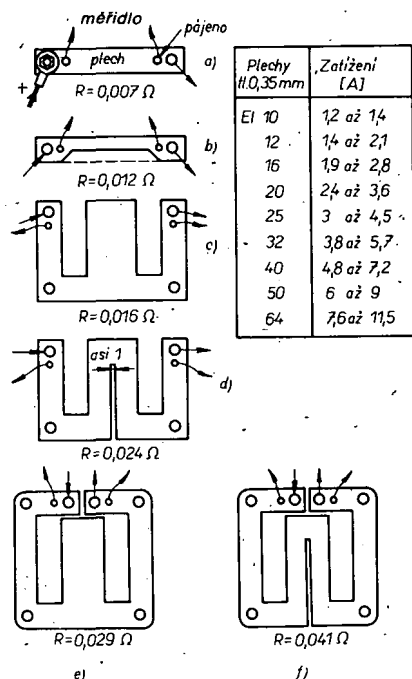
#### Bočník z transformátorových plechů

Transformátorový křemíkový plech má měrný odpor  $\rho = 0,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  a teplotní součinitel  $\alpha = 0,0009$  – je to materiál z hlediska dostupnosti pro radioamatéra velmi výhodný. Protože jeho měrný odpor je asi 28× větší než má měď, měli bychom jej zatěžovat 28× menším proudem na 1 mm<sup>2</sup> průřezu. Jeho povrch je však hrubý, velký poměr šířky ku tloušťce zajišťuje velký povrch – materiál se může dobře chladit, proto vyhovuje v praxi dobře zátěží 0,8 až 1,2 A/mm<sup>2</sup>. Potřebný průřez:

$$S = \frac{10 \text{ A}}{1 \text{ A/mm}^2} = 10 \text{ mm}^2.$$

Plech 150 má průřez  $25 \times 0,35 = 8,75 \text{ mm}^2$  a činnou délku asi 125 mm = 0,125 m. Odpor  $R$  pásku:

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{0,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 0,125 \text{ m}}{8,75 \text{ mm}^2} = 0,00714 \Omega.$$



Obr. 92. Použití transformátorových plechů na bočníky měřidel; a) plech I, b) plech upravený I, c) plech E, d) plech E upravený, e) plech M 1× rozstřížený, f) plech M 2× rozstřížený

Při proudu 10 A vznikne na pásku plechu 150 úbytek napětí  $U$ :

$$U = RI = 0,00714 \Omega \cdot 10 \text{ A} = 0,0714 \text{ V} = 71,4 \text{ mV}.$$

Pro zadané měřidlo s  $U_0 = 180 \text{ mV}$  je to napětí malé. Pro krátkodobé měření můžeme pásek odstříhnout po délce a použít jen polovinu, tím se zvětší odpor na dvojnásobek a napětí také na dvojnásobek:  $71,4 \text{ mV} \cdot 2 = 142 \text{ mV}$ , což je pro naše měřidlo ještě málo. Napadne nás použít jiný plech, vypočteme se však přesvědčíme, že plechy I10 až I64 mají stejný odpor (0,00714  $\Omega$ ) a liší se jen průřezem od 1,75 do 12,8 mm<sup>2</sup>. Tedy podle měřeného proudu použijeme různé velké plechy I. Potřebujeme-li větší odpor, použijeme plech tvaru E. Na koncích vyvrtáme díry pro přívody (obr. 92c). Oproti plechu I se prodlouží délka podle středové čáry přibližně 2,5×. Úbytek napětí se zvětší také  $2,5 \times$ :  $71,4 \text{ mV} \cdot 2,5 = 178,5 \text{ mV}$ .

Upravíme-li E plech prodloužením (obr. 92d), prodloužíme délku přibližně 3,5× oproti plechu I. Úbytek napětí se zvětší na  $71,4 \text{ mV} \cdot 3,5 = 250 \text{ mV}$ , což už dobře vyhovuje. Při použití citlivých měřidel nebo při trvalé zapnutém bočníku, kdy volíme menší zatížení (0,8 A/mm<sup>2</sup>), potřebujeme ještě větší úbytek napětí. Použijeme proto plech tvaru M, upravený podle obr. 92e nebo 92f.

Při použití transformátorových plechů dodržujeme několik zásad: Přívod měřeného proudu je oddělen od vývodu k měřidlu, při použití šroubů nestačí plech jen očistit, ale je ho třeba dobře pocínovat a pocínovanou plošku zarovnat pilníkem, aby dotyk byl dokonalý a nekorodoval.

#### Bočník z topného drátu KANTHAL

Odporový topný drát (nebo pásek) KANTHAL má výborné vlastnosti pro použití na bočníky (viz tabulka). Nevýhodou je, že se nedá pájet. Bočníky pro velké proudy proto zhotovíme tak, abychom mohli přívody k bočníku i měřidlu připojit pod šroubky. Odpor bočníku navrhne větší a přesnou výchylku měřidla upravíme sériovým odporovým trimrem (obr. 93a).

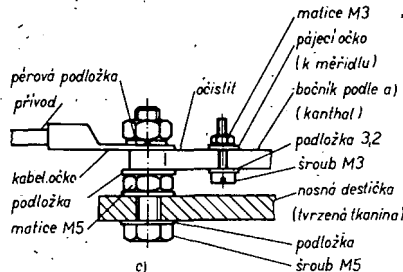
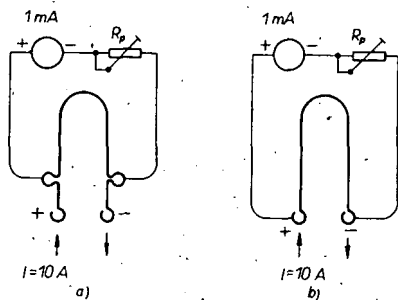
**Příklad:** K našemu měřidlu s  $I_0 = 1 \text{ mA}$ ,  $U_0 = 180 \text{ mV}$  máme navrhnout bočník pro 10 A z topného drátu Kanthal. Měrný odpor Kanthalu je asi 80× větší než u mědi. Aby se neohřival, můžeme jej zatížit proudem  $I_z$ :

$$I_z = \frac{\text{dovolené proudové zatížení mědi}}{\frac{\text{měrný odpor KANTHALU}}{\text{měrný odpor mědi}}} = \frac{20 \text{ A}}{\frac{1,4 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}}{0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}}} = 0,25 \text{ A/mm}^2.$$

Pro proud 10 A potřebujeme průřez S:

$$S = \frac{10 \text{ A}}{0,25 \text{ A/mm}^2} = 40 \text{ mm}^2.$$

Rozměry bočníku vycházejí neúměrně velké. Tam, kde nepotřebujeme měřit velmi přesně (nabíječky, zdroje, atd.) a tam, kde můžeme umístit bočník tak, že jeho teplo nevedí, je možné kanthalový bočník značně přetížít. Pro 10 A byl odzkoušen



Obr. 93. Použití kanthalového pásu na bočníky: a) vhodný způsob připojení měřidla, b) nevhodný způsob připojení měřidla, c) skutečné provedení přívodů k bočníku

bočník z kanthalového pásu  $5 \times 1$  mm ( $5 \text{ mm}^2$ ), umístěný tak, aby se dobře chladil. Jeho povrchová teplota byla asi  $200^\circ \text{C}$ . I za těchto podmínek byla změna výchylky měřidla od okamžiku zapnutí (studený bočník) po ohřátí bočníku zanedbatelná.

Použijeme-li kanthalový pásek  $5 \times 1$  mm a smíříme-li se s teplem, potřebujeme vypočítat jeho délku. Pro přístroj  $1 \text{ mA}$  potřebujeme úbytek na bočníku  $180 \text{ mV}$ . Rozhodneme se pro úbytek větší, např.  $250 \text{ mV}$ , a výchylku ručky nastavíme přesně sériovým trimrem (obr. 93a). Bočník  $R_b$  bude:

$$R_b = U/I = 0,25 \text{ V} / 10 \text{ A} = 0,025 \Omega.$$

Ztráta na bočníku bude:

$$P = UI = 0,25 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 2,5 \text{ W},$$

což není mnoho, vadí jen teplota drátu. Z výpočtu vidíme, že bočník z Kanthalu může mít malé rozměry, může být zhotoven jako smyčka, meandr, případně válcová pružina. Vždy pamatujeme na oddělený přívod k měřidlu. Připojení přívodu k bočníku z kanthalového pásu je na obr. 93c.

Bočníky ampérmetru jsou pro většinu začínajících amatérů překážkou, která se zdá neřešitelná. Na příkladech jsme si ukázali řadu řešení a možnost zhotovit bočník bez nutnosti měřit malé odpory, neboť odpory je výhodnější počítat, než měřit. Přívody k bočníkům pro větší proudy oddělujeme od přívodu k měřidlu, nepoužíváme společný šroub nebo svorník. Přívody k měřidlu vyvádíme z vnitřní části bočníku, máme tak zaručeno, že při uvolnění přívodu měřeného proudu nebo při nedokonalém spoji nemůže téci celý měřený proud do měřidla a poškodit jej. Pro zajištění dobrého kontaktu při připojení bočníku je vhodné používat mosazné svorníky, šrouby, matice, podložky a nezapomenout na podložky pérové.

### B-4g Malý stejnosměrný voltampérhmmetr

Pro kontrolu stejnosměrných napětí a proudů, pro rychlou kontrolu šňůr, kontaktů a stavu polovodičových přechodů se obvykle používá malý příruční měřicí přístroj, který nezabírá moc místa a má jednoduchou obsluhu; takový přístroj můžeme vozit na Polní den, rádiový orientační běh, používat při práci s řízenými modely atd. Popis jeho stavby následuje.

Máme k dispozici měřidlo MP40 se základními údaji:

$$I_0 = 100 \mu\text{A} \quad (0,1 \text{ mA}); \quad U_0 = 190 \text{ mV} \quad (0,19 \text{ V}); \quad R_0 = 1900 \Omega.$$

Odpor na  $1 \text{ V}$  u tohoto měřidla bude:

$$R_{1V} = 1/I_0 = 1/0,1 = 10 \text{ k}\Omega \quad [\text{k}\Omega; \text{mA}]$$

Stupnice přístroje je rozdělena na 100 dílků, budeme volit rozsahy tak, aby bylo možno údaj stupnice jednoduše dělit nebo násobit dvěma, aby čtení naměřeného údaje bylo rychlé; doporučené měřicí rozsahy pro 100dílkovou stupnici jsou:  $1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 \text{ V}$ ,  $0,1 - 0,5 - 1 - 5 - 10 - 50 - 100 - 500 - 1000 \text{ mA}$ .

Potřebovali bychom tedy přepínač  $19 + 1$  (rozsah  $\Omega$ ) poloh. Máme k dispozici přepínač WK 533 37 s 12<sup>3</sup> polohami, zvolíme tedy rozsahy nejpotebnější. Nejčastěji měříme napětí, proudy méně často, odpory, jen informativně. Proto volíme rozsahy  $1 - 5 - 10 - 50 - 100 - 500 \text{ V}$ ,  $0,1 - 1 - 10 - 100 - 500 \text{ mA}$ . Měřicí přístroj zapojíme podle obr. 94a (s přepínačem), nebo podle obr. 94b (se zdířkami).

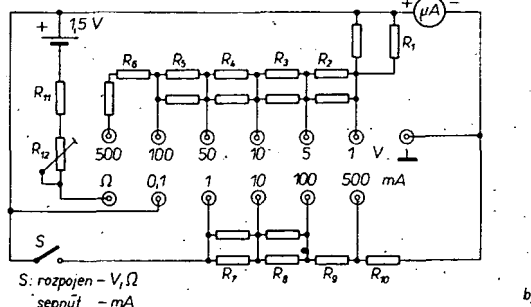
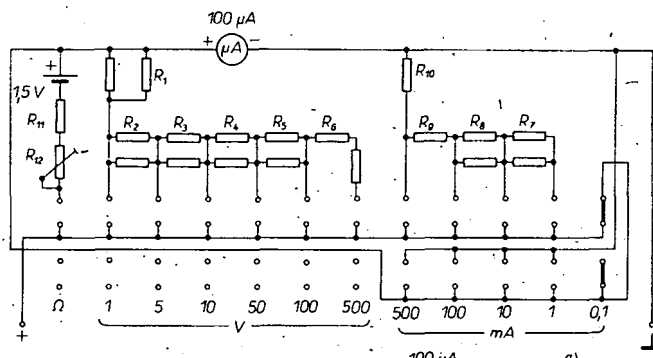
Pro měření napětí volíme zapojení s předřadnými rezistory zapojenými v sérii (při měření na nejvyšším rozsahu prochází proud všemi rezistory). Pro rozsah  $1 \text{ V}$  bude:

$$R_1 = 1 \text{ V} \cdot R_{1V} - R_0 = 1 \text{ V} \cdot 10 \text{ k}\Omega - 1,9 \text{ k}\Omega = 9,1 \text{ k}\Omega.$$

Pro  $5 \text{ V}$  bude  $R_2 = 5 \text{ V} \cdot (10 - 8,1) \text{ k}\Omega = 41,9 \text{ k}\Omega$ , pro  $10 \text{ V}$   $R_3 = 50 \text{ k}\Omega$ , pro  $50 \text{ V}$   $R_4 = 400 \text{ k}\Omega$ , pro  $100 \text{ V}$   $R_5 = 500 \text{ k}\Omega$  a pro  $500 \text{ V}$   $R_6 = 4 \text{ M}\Omega$ .

Kontrola: nejvyšší napěťový rozsah krát  $R_{1V} = R_6 + R_5 + R_4 + R_3 + R_2 + R_1 = 500 \text{ V} \cdot 10 \text{ k}\Omega / 1 \text{ V} = 4000 + 500 + 400 + 50 + 41,9 + 8,1 \text{ k}\Omega = 5000 \text{ k}\Omega$ .

$$\text{Výpočet zatížení } P = UI: \\ P_{R1} = 1 \text{ V} \cdot 0,0001 \text{ A} = 0,0001 \text{ W},$$



Obr. 94. Schéma zapojení stejnosměrného voltampérhmmetru; a) zapojení s přepínačem, b) zapojení se zdířkami

$P_{R2} = 0,0005 \text{ W}$ ,  $P_{R3} = 0,001 \text{ W}$ ,  
 $P_{R4} = 0,005 \text{ W}$ ,  $P_{R5} = 0,01 \text{ W}$ ,  
 $P_{R6} = 0,05 \text{ W}$ . Zatížení  $P$ , vypočítané tímto zjednodušeným způsobem, se týká všech rezistorů, kterými měřený proud prochází. Tedy na rozsahu  $500 \text{ V}$  je ztráta  $0,05 \text{ W}$  nikoli pouze na  $R_6$ , ale na  $R_1$  až  $R_6$ . Všechny rezistory mohou být proto miniaturní TR 212, popř. TR 151. Pro měřicí účely jsou nejvhodnější rezistory TR 161, stejně dobře vyhoví TR 190 nebo TR 191. Vypočítané odpory složíme ze dvou paralelních rezistorů, počítáme je jako u voltmetru podle B-4d. Protože chceme mít měřidlo co nejmenší, nepoužijeme odporové trimry, ale paralelní nebo sériové kombinace.

### Výpočet sdruženého bočníku

Bočník pro měření proudů může být buď sdružený, nebo pro každý rozsah samostatný. Pro řadu výhod (B-4e) použijeme bočník sdružený. Jednotlivé rozsahy a příslušné bočníky jsou:  $I_0 = 0,1 \text{ mA}$  - základní rozsah měřidla,  $I_1 = 1 \text{ mA}$  -  $R_7$ ,  $I_2 = 10 \text{ mA}$  -  $R_8$ ,  $I_3 = 100 \text{ mA}$  -  $R_9$ ,  $I_4 = 500 \text{ mA}$  -  $R_{10}$ .

Rozsah  $0,1 \text{ mA}$ : Využíváme základního rozsahu měřidla, které je připojeno přímo na přívodní svorky. Sdružený bočník není připojen.

Rozsah  $1 \text{ mA}$  (připojen sdružený bočník): Nejprve celkový odpor  $R_b$  bočníku:

$$R_b = R_0 \frac{I_0}{I_1 - I_0} = 1,9 \text{ k}\Omega \cdot \frac{0,1 \text{ mA}}{1 \text{ mA} - 0,1 \text{ mA}} = 0,21111 \text{ k}\Omega = 211,11 \Omega.$$

Pak  $R_7$  (počítáme od nejnižšího rozsahu):

$$R_7 = I_0 (R_b + R_0) \frac{I_2 - I_1}{I_2 I_1} = 0,1 \text{ mA} (0,211 \text{ k}\Omega + 1,9 \text{ k}\Omega) \frac{(10 - 1) \text{ mA}}{(10 \cdot 1) \text{ mA}} =$$

$$= 0,2111 \cdot \frac{9 \text{ mA}}{10 \text{ mA}} = 0,18999 \text{ k}\Omega = 189,99 \Omega.$$

$$R_8 = I_0 (R_0 + R_0) \frac{I_3 - I_2}{I_2} = 18,999 \Omega,$$

$$R_9 = 1,6888 \Omega,$$

$$R_{10} = (R_0 + R_0) \frac{I_0}{I_4} = 0,4222 \Omega.$$

Sečteme odpory jednotlivých rezistorů sdruženého bočnicku, součet se musí rovnat  $R_0$ .

#### Výpočet sériového odporu pro ohmmetr

Sériový odpor  $R_s$  je složen z pevného rezistoru  $R_{11}$  a trimru  $R_{12}$ .  $R_s = U_0/I_0 = 1,5 \text{ V}/0,1 \text{ mA} = 15 \text{ k}\Omega$ .  $R_{11}$  zvolíme  $10 \text{ k}\Omega$  a odporový trimr  $R_{12}$  bude mít odpor větší než  $R_s - R_{11} = 15 \text{ k}\Omega - 10 \text{ k}\Omega = 5 \text{ k}\Omega$ .

Volíme  $6,8 \text{ k}\Omega$ . Protože předpokládáme, že rezistory  $R_7$  až  $R_{10}$  budou mít malé zatížení, zkontrolujeme jen zatížení rezistoru pro nejvyšší rozsah ( $R_{10}$ ):

$$P_{R10} = R_{10} I_4^2 = 0,4222 \cdot 0,5^2 = 0,105 \text{ W}.$$

Z výpočtu vidíme, že na rezistory sdruženého bočnicku nejsou kladeny velké nároky na zatížení. Nejvíce zatěžovaný rezistor  $R_{10}$  stačí v provedení  $0,1 \text{ W}$ , ostatní ještě méně;  $R_7$  a  $R_8$  zhotovíme kombinací miniaturních rezistorů a  $R_9$ ,  $R_{10}$  z odporového drátu, který navineme na uhlíkový rezistor o odporu desítek  $\text{k}\Omega$  (stejně jako u B-4e).

#### Provedení

Nemáme-li hotovou krabičku, slepíme ji z izolačních, pečlivě opracovaných dílů, popř. spájíme z dílů cuprexitu. Podle krabičky navrhne umístění měřidla, přepínače nebo zdířek. Velkou díru pro měřidlo vyřízneme lupenkovou pilkou nebo vykroužíme vykružníkem. Podle místa uvnitř krabičky určíme pásek z univerzální desky s plošnými spoji a upevníme jej v krabičce. Na jednotlivá políčka pájme rezistory a vývody vedeme spojovacími dráty k přepínači nebo zdířkám. Napájecí článek pro ohmmetr připevníme příchytkou k boku skřínky nebo na desku se spoji. a vývody připájíme. Použijeme-li místo přepínače zdířky – obr. 94b – musíme si uvědomit, že sdružený bočník je připojen k měřidlu jen při měření proudu. Při měření napětí a odporu musí být odpojený.

#### Cejchování

Protože používáme sdružený předřadný odpor a sdružený bočník, musíme cejchovat přístroj určitým postupem. Při cejchování napěťových rozsahů postupujeme takto: Paralelně k našemu přístroji zapojíme přesné měřidlo (Avomet II) a připojíme je k regulovatelnému zdroji nejlépe přes proměnný odpor (potenciometr  $10 \text{ k}\Omega$  až  $1 \text{ M}\Omega$  – podle cejchovaného rozsahu) – slouží k jemnému nastavení. Cejchovat začínáme od nejnižšího rozsahu ( $1 \text{ V}$ ). Jestliže jsme správně počítali a měřili, bude cejchování jen kontrolou správnosti. Nebude-li rozsah souhlasit, zjistíme, o kolik procent se liší údaj naměřený cejchovaným přístrojem od skutečnosti (Avomet II) a odpor rezistoru upravíme.

**Příklad:** Na rozsahu  $1 \text{ V}$  náš přístroj ukazuje plnou výchylku – Avomet  $1,05 \text{ V}$ .

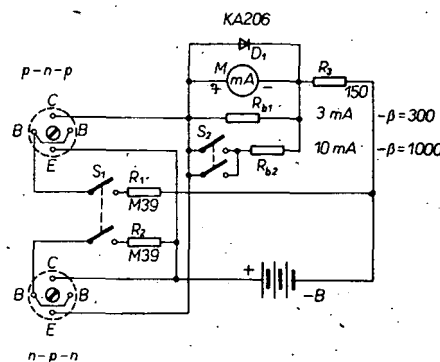
Cejchovaný přístroj má chybu –  $5 \%$ . Odpor rezistoru pro rozsah  $1 \text{ V}$  musíme o  $5 \%$  zmenšit výměnou paralelního rezistoru za rezistor s menším odporem nebo připojením dalšího paralelního rezistoru, jehož odpor vypočteme podle dříve uvedeného způsobu. Ukazuje-li cejchovaný přístroj více než Avomet (např. o  $+5 \%$ ), je třeba předřadný odpor o  $5 \%$  zvětšit výměnou paralelního rezistoru za rezistor s větším odporem, nebo připojením třetího rezistoru do série, který má odpor  $5 \%$  z vypočítaného odporu  $R_1$ . Tímto způsobem upravíme všechny rozsahy, neboť u předřadníků s ohledem na místo nepoužíváme trimry. Proudové rozsahy cejchujeme při zapojení našeho měřidla a Avometu do série včetně sériového potenciometru – nejlépe drátového  $15 \Omega$  až  $10 \text{ k}\Omega$  – podle cejchovaného rozsahu. Zdroj používáme pro malé napětí ( $0$  až  $20 \text{ V}$ ).

### B-5a Jednoduchý zkoušeč tranzistorů

Při stavbě tranzistorových obvodů potřebujeme znát často alespoň přibližně zesilovací činitel použitých tranzistorů nebo tranzistor rychle odzkoušet, zda zesiluje. Vyjdeme-li ze současné praxe, kdy se používají většinou tranzistory křemíkové, které mají velmi malý zbytkový proud (není ho třeba kompenzovat), je zapojení zkoušeče jednoduché. Germaniové tranzistory lze informativně měřit i bez kompenzace klidového proudu také. Na popsaném zkoušeči lze zkoušet tranzistory metodou dobrý–špatný, přibližně určit zbytkový proud a změřit zesílení při napětí baterie  $4,5 \text{ V}$  a při proudu báze  $10 \mu\text{A}$ . Můžeme měřit a zkoušet v ní tranzistory malých výkonů.

#### Popis

Abychom se vyhnuli složitému přepínání, měříme proud kolektoru – tranzistory p-n-p, nebo proud emitoru – tranzistory n-p-n při proudu báze  $10 \mu\text{A}$ . Přístrojem měříme zesílení  $h_{21E}$  až  $1000$  ve dvou rozsazích. Rozsahy přepínáme páčkovým spínačem, kterým připojujeme k měřidlu další bočník. Bočník pro nižší rozsah  $h_{21E}$  je připojen trvale. Dalším spínačem připojujeme báze tranzistorů k odporům  $0,39 \text{ M}\Omega$ . Při odpójení odporů ukazuje měřidlo zbytkový proud  $I_{CE0}$  mezi kolektorem a emitorem. U dobrých křemíkových tranzistorů je neměřitelný a u germaniových tranzistorů je výchylka dobře znatelná zvláště na nižším rozsahu  $h_{21E}$ . Při zapnutí spínače  $S_2$  protéká bází měřeného tranzistoru proud asi  $10 \mu\text{A}$  a měřidlo ukáže výchylku úměrnou zesilovacímu



Obr. 95. Schéma zapojení zkoušeče tranzistorů s ručkovým měřidlem

činiteli tranzistoru. Při možném zkratu elektrod tranzistoru je měřidlo chráněno sériovým rezistorem  $R_3 = 150 \Omega$  a paralelně zapojenou křemíkovou diodou. Přístroj je opatřen dvěma objímkami (p-n-p, n-p-n). Zapojení zkoušeče je na obr. 95.

#### Trochu počítání

Máme k dispozici měřidlo DHR5 se základním rozsahem  $I_0 = 0,1 \text{ mA}$  a  $U_0 = 390 \text{ mV}$ . Jeho stupnice mají  $100$  a  $30$  dílků. Volíme rozsah přístroje  $h_{21E} = 0$  až  $300$  a  $0$  až  $1000$ . Máme-li jinou stupnici, např.  $100$  dílkovou, volíme rozsahy  $100$  a  $1000$ , nebo lépe  $200$  a  $1000$  tak, abychom nemuseli stupnici překreslovat. Dále musíme stanovit, jak velkým proudem můžeme měřené tranzistory zatížit. Volíme  $10 \text{ mA}$ , což snesou všechny běžné tranzistory. Pro zesílení  $300$  bude proud tranzistorů  $3 \text{ mA}$  a pro zesílení  $1000$  poteče měřeným tranzistorem námi stanovený mezní proud  $10 \text{ mA}$ . Výpočet (kontrola výpočtu) proudu báze  $I_B$ : vypočteme ze základního vzorce pro zesílení tranzistoru  $h_{21E} = I_C/I_B$  proud báze ( $I_B = I_C/h_{21E} = 10 \text{ mA}/1000 = 10 \mu\text{A}$ ). Odpor pro napájení báze vypočteme z napájecího napětí. Uvažujeme i možné zmenšení napětí baterie ze  $4,5 \text{ V}$  na  $4 \text{ V}$ :

$$R = U/I = 4 \text{ V}/0,01 \text{ mA} = 400 \text{ k}\Omega.$$

Volíme (z řady E12) rezistor  $0,39 \text{ M}\Omega$ . Výpočet odporu  $R_{B1}$  bočnicku pro proud  $3 \text{ mA}$  a  $R_{B2}$  pro  $10 \text{ mA}$  (úbytek napětí na našem měřidle  $U_0 = 0,39 \text{ V}$ ):

$$R_{B1} = U_0/(I_1 - I_0) = 0,39 \text{ V}/(3 - 0,1) \text{ mA} = 0,13448 \text{ k}\Omega = 134,48 \Omega,$$

$$R_{B2} = U_0/(I_2 - I_1) = 0,39 \text{ V}/(10 - 3) \text{ mA} = 0,05571 \text{ k}\Omega = 55,71 \Omega.$$

**Výpočet ochranného rezistoru:** Protože může mít měřený tranzistor zkrat, mohlo by být plné napětí baterie připojeno na měřidlo, musíme proto zkratový proud omezit. Rozsah měřidla s pevně připojeným bočníkem je  $3 \text{ mA}$  a z praxe víme, že ručkové měřidlo snese přetížení  $3$  až  $5 \times$  – tedy  $15 \text{ mA}$ . Celkový odpor  $R_c$  vypočítáme:

$$R_c = U_0/I = 4,5 \text{ V}/0,015 \text{ A} = 300 \Omega.$$

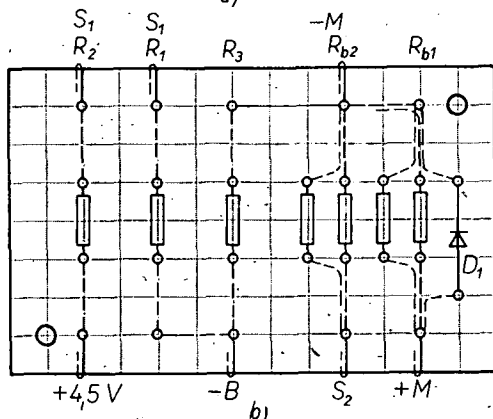
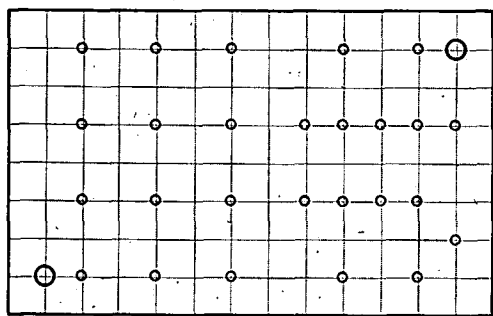
Protože celkový odpor  $R_c$  obvodu je složen z odporu měřidla s bočníkem  $R_{B1}$  ( $134 \Omega$ ) a ochranného rezistoru  $R$ , bude

$$R = R_c - R_{B1} = 300 \Omega - 134 \Omega = 166 \Omega,$$

volíme (z řady E12)  $180 \Omega$ .

#### Provedení

Zkoušeč tranzistoru vestavíme do plastické krabičky U6. Rozmístění prvků na horní straně je na obr. 97 a rezistory s ochrannou diodou umístíme na destičku z izolantu podle obr. 96a a zapojíme podle obr. 96b. Plochou baterii připevníme na spodní víčko krabičky plechovou sponou nebo drátem. Objímky na tranzistory připevníme šroubkem M2. V krabičce vrtáme pro každou objímku  $4$  díry o  $\varnothing 2,2 \text{ mm}$  na vývody a  $1$  díru středovou o  $\varnothing 2,2 \text{ mm}$  pro připevňovací šroub M2, pro který musíme také opatrně vyvrtat



Obr. 96. Destička pro zkoušeč tranzistorů; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

díru ve středu objímky. Vývody dvoupólového spínače (rozsah  $h_{21E}$ ) propojíme paralelně.

#### Cejchování a uvedení do chodu

Před uvedením do chodu nastavíme přesně proud měřidlem na 3 mA úpravou bočnicku  $R_{b1}$  a po připojení bočnicku  $R_{b2}$  spínačem na přesně 10 mA. Tím je cejchování ukončeno. Dále zkontrolujeme pomalým zvětšováním proudu činnost

ochranného rezistoru a diody, není-li měřidlo příliš přetíženo při proudu 15 mA a při odpojení bočnicku  $R_{b2}$ . Je-li činnost ochranné diody dostatečná, můžeme odpor ochranného rezistoru ještě zmenšit. Nejlépe by bylo vynechat ochranný odpor vůbec, to však s ohledem na možnost poškození není možné.

**Poznámka:** Při použití měřidla s malým úbytkem napětí, např.  $U_0 = 80$  mV, by ochrana křemikovou diodou, která začíná vést při napětí 0,5 až 0,8 V, nebyla účinná. Je pak třeba volit diodu germaniovou, která vede při napětí asi polovičním. Po nastavení rozsahu připojíme baterii, přepínač rozsahu přepneme na  $h_{21E} = 1000$  (s ohledem na možnost zkratu ve zkouše-

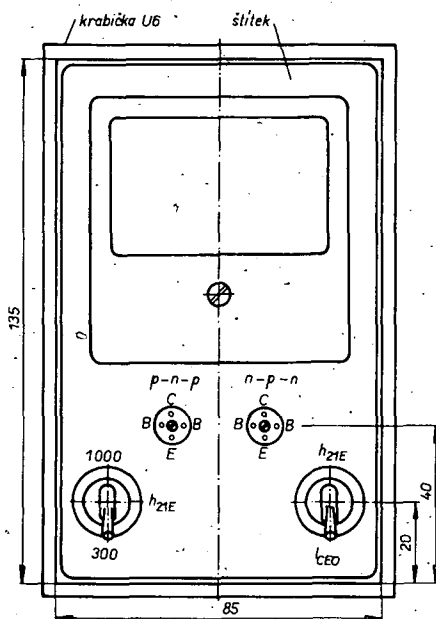
ném tranzistoru – přístroj je přes ochranný rezistor méně přetížen). Přívod k bázím je odpojen (spínač do polohy  $I_{CE0}$ ) a zasuneme křemikový tranzistor do objímky. Nemá-li tranzistor zkrat, ručka se vůbec nevychýlí. Spínačem připojíme k bázi odpor 0,39 M $\Omega$  (poloha  $h_{21E}$ ) a měřidlo ukáže výchylku. Je-li malá, přepneme na rozsah  $h_{21E} = 300$ .

S ohledem na jednoduchost přístroje a možnost použít různá měřidla a různé bočníky není uvedena rozpiska materiálů.

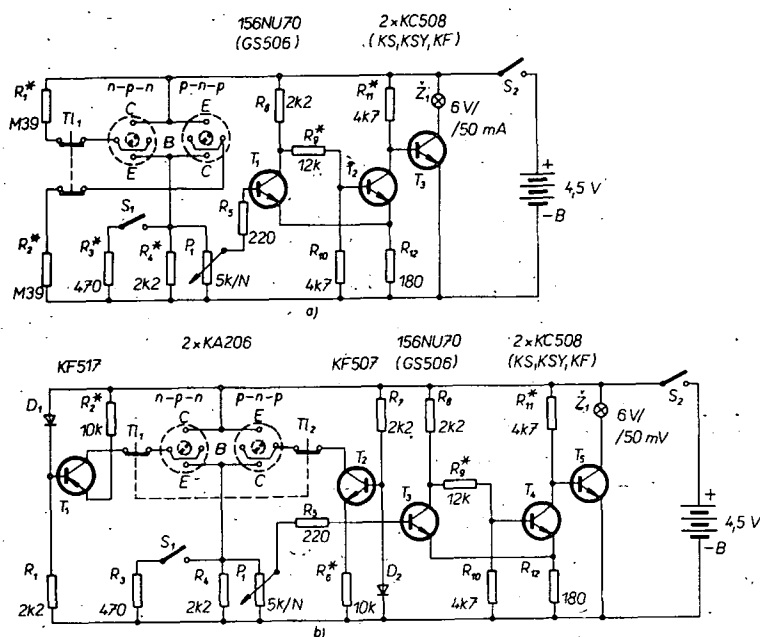
#### B-5b Jednoduchý zkoušeč tranzistorů se žárovkou

Nemáme-li ručkové měřidlo, použijeme místo něho žárovku, klopný obvod a potenciometr se stupnicí. Zesilovací činitel zkoušeného tranzistoru přečteme na stupnici potenciometru v okamžiku, kdy se žárovka rozsvítí nebo zhasne. Schmittův klopný obvod má určitou hysterezi (při určitém vstupním napětí se překlápí – žárovka se rozsvítí, ale zhasne až při napětí o něco menším), proto je třeba při cejchování brát na tento jev zřetel a cejchovat přístroj jen při rozsvícení nebo jen při zhasnutí žárovky.

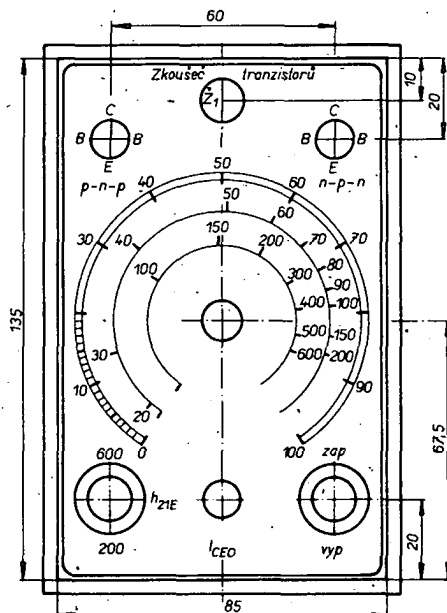
U zkoušeče je použit stejný princip jako u B-5a. Proud tranzistoru prochází přes zatěžovací odpor, potenciometr, jehož běžec je připojen na Schmittův klopný obvod. K dosažení většího rozsahu měření je paralelně k potenciometru zapojen rezistor 2,2 k $\Omega$ , výsledný odpor je tedy asi 1,5 k $\Omega$ . Lze použít i jiný potenciometr a  $R_4$  a  $R_3$  je nutno vyzkoušet. Spínačem připojujeme další paralelní rezistor pro měření tranzistorů s většími  $h_{21E}$ . Proud báze je nastaven na 10  $\mu$ A. Zapojení zkoušeče je na obr. 98a, zkoušečem lze měřit v řadě tranzistory. Protože je zatěžovací odpor tranzistoru velký, zvláště při měření na nižším rozsahu, není proud báze při měření různých tranzistorů stejný, měření není přesné. Chceme-li mít proud báze konstantní, použijeme v obvodech bází proudové zdroje s jedním tranzistorem (obr. 98b):



Obr. 97. Rozmístění ovládacích prvků, objímek a měřidla na horní straně krabičky U6



Obr. 98. Schéma zapojení zkoušeče tranzistorů se žárovkou; a) zjednodušené zapojení, b) zapojení s proudovými zdroji



Obr. 99. Rozmístění ovládacích prvků, objímek a stupnice na horní straně krabičky U6

#### Provedení

Zkoušec postavíme do plastické krabičky U6 obdobným způsobem jako B-5a. Rozmístění ovládacích prvků a štítek je na obr. 99. Součástky umístíme na destičku z izolantu (obr. 100a) a zapojíme je podle obr. 100b. Spokojíme-li se jen s přibližným měřením, vynecháme obvody proudových zdrojů pro napájení bází. Rezistory označené hvězdičkou je nutné vyzkoušet při oživování a nastavování zkoušeče. Vstupní tranzistor Schmittova klopného obvodu je germaniový, s ním se obvod

překlopí již při napětí 0,35 V. Další tranzistory mohou být při úpravě  $R_9$  a  $R_{11}$  jak křemíkové, tak germaniové. Ve zdrojích proudu germaniové tranzistory být nemohou s ohledem na jejich velký zbytkový proud.

#### Uvedení do chodu

Nejprve uvedeme do chodu Schmittův klopný obvod tak, že přivedeme na potenciometr  $P_1$  napětí 1,5 V – spínač  $S_1$  je rozpojený. Při otáčení běžcem potenciometru by se měla žárovka asi v jedné čtvrtině dráhy rozsvítit a otočením běžce zpět by měla zhasnout. Rozsvítí-li se jen částečně nebo zhasne-li jen částečně, upravíme poměry změnou  $R_9$  a  $R_{11}$ . Pak nastavíme při dobrém křemíkovém tranzistoru v příslušné objímce proud báze rezistory  $R_2$  a  $R_6$  na  $10 \mu A$ .

U zjednodušeného zapojení bez proudových zdrojů proud báze nastavíme změnou  $R_1$  a  $R_2$ . Tím je zkoušec připraven k cejchování stupnice potenciometru. Připravíme si tabulku, v níž vyčíslíme, jaký proud kolektoru odpovídá určitému zesílení při  $I_B = 10 \mu A$ ;  $I_C = h_{21E} I_B$ :

$h_{21E}$ :	10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100
$I_C$ :	0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5 - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1 mA
$h_{21E}$ :	100 - 150 - 200 - 250 - 300 - 400 - 500
$I_C$ :	1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 mA

Pak zapojíme mezi + pól baterie a „horní“ konec potenciometru  $P_1$  miliampérmetr (Avomet) a potenciometru  $50 k\Omega$  (hrubé nastavení) a  $5 k\Omega$  (jemné nastavení), jimiž můžeme nastavovat libovolný proud do měřicího potenciometru. Začínáme při rozpojeném spínači  $S_1$  (nižší rozsah) od nejmenších proudů. Potenciometr je zapojen tak, aby při nastavení běžce zcela vlevo bylo na něm největší napětí. V této koncové poloze začneme zvětšovat proud podle tabulky a zapíšeme odpovídající  $h_{21E}$ , při němž se žárovka rozsvítí naplno. Pak zvětšíme proud o další stupeň podle

tabulky a otáčíme běžcem, až se žárovka rozsvítí. Proti ukazateli na knoflíku uděláme další rysku. Dojdeme-li na konec stupnice, sepne spínač  $S_1$  a začínáme znovu. Volbou  $R_3$  můžeme ovlivnit začátek stupnice na vyšším rozsahu. Zkoušec dobře pracuje pro rozsah  $h_{21E}$  od 25 do 600. Konec nižšího a začátek vyššího rozsahu (průběh stupnice upravíme podle vlastního uvážení změnou  $R_3$  a  $R_4$ , místo nichž je vhodné při cejchování použít odporové trimry, které pak nahradíme pevnými rezistory.

Rozpínací tlačítko (možno nahradit spínačem) slouží k odpojení báze a zjištění, zda není zbytkový proud kolektor – emitor příliš velký. Při běhu potenciometru vlevo a vyprnutém spínači  $S_1$  (nejmenší  $h_{21E}$ ) žárovka nesvítí. Při zkoušení n-germaniových tranzistorů může být zbytkový proud tak velký, že se žárovka rozsvítí. Nezhasne-li při otáčení hřídelem potenciometru, zvláště při sepnutí  $S_1$ , je přechod kolektor – emitor zkoušeného tranzistoru zkratován.

#### Rozpiska materiálu (provedení b)

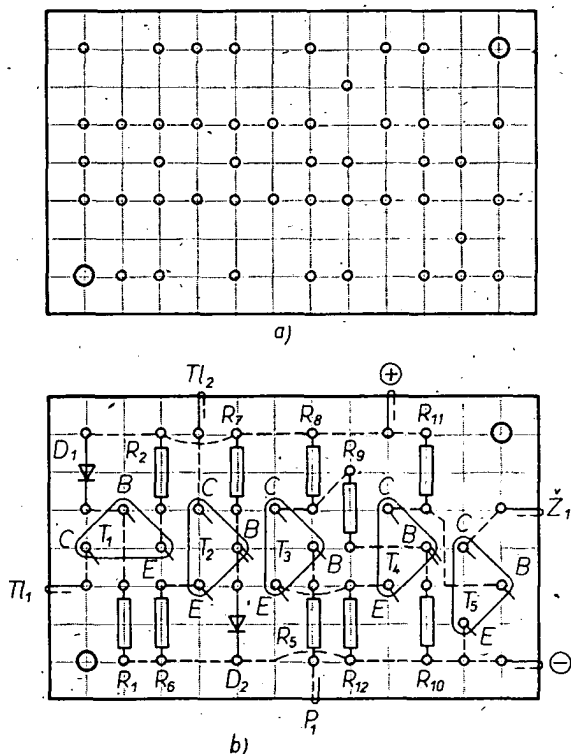
- 1 ks plastická krabička U6
- $R_1, R_7, R_8, R_9$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212,  $2,2 k\Omega$
- $R_2, R_6$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212,  $10 k\Omega$
- $R_3$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212,  $470 \Omega$
- $R_5$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212,  $220 \Omega$
- $R_9$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212,  $12 k\Omega$
- $R_{10}, R_{11}$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212,  $4,7 k\Omega$
- $R_{12}$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212,  $180 \Omega$
- $T_1$  tranzistor křemíkový p-n-p, KF517
- $T_2$  tranzistor křemíkový n-p-n, KF507
- $T_3$  tranzistor germaniový n-p-n, GS506 (156NU70 apod.)
- $T_4, T_5$  tranzistor křemíkový n-p-n, KC508 (KS, KSY, KF) (lze použít i germaniový)
- $D_1, D_2$  dioda křemíková, KA206 (KA201, 501)
- $Z_1$  žárovka 6 V/50 mA
- $S_1, S_2$  spínač páčkový
- $T_1$  rozpojovací dvojité tlačítko (telefonní) – může být i páčkový spínač
- $P_1$  potenciometr TP 280  $k\Omega/N$  (2,5 až  $10 k\Omega$ )
- 2 ks objímka pro tranzistory
- 1 ks izolační destička  $40 \times 65$  mm, tl. 1 až 1,5 mm

#### B-6a Koncový zesilovač s MA0403

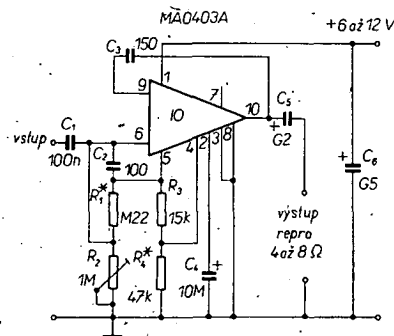
Po úspěšné stavbě přijímače na sluchátka (podle A-5) bychom rádi zkusili poslechnout na reproduktor. Potřebujeme k tomu citlivý a dobrý zesilovač. Výhodné je použít integrované zesilovače prodávané na našem trhu. Přidáme-li k obvodu několik součástek a vše umístíme na naši typizovanou vrtnou destičku, můžeme zesilovač použít k různým účelům. Protože se ještě mezi amatéry vyskytují obvody MA0403, popíšeme si nejprve zapojení s tímto obvodem.

#### Popis a provedení

Zesilovač podle obr. 101 pracuje v rozsahu napájecích napětí 6 až 18 V. Protože při napětí 18 V je nutné dobře odvádět teplo z IO a zesilovač lze snadno přetížit, doporučujeme pro začátek používat maximální napětí 12 V. Při napájení 9 V není obvod třeba chladit. Zesilovač je postaven na destičce podle obr. 102a a osazen podle obr. 102b. Oválné otvory pro střední vývody integrovaného obvodu výrazně



Obr. 100. Destička pro zkoušec tranzistorů; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek



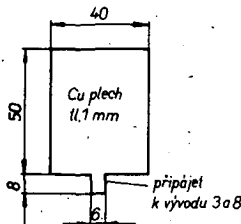
Obr. 101. Schéma zapojení zesilovače s MA0403

lupenkovou pilkou a vývody propojujeme tenkým drátkem z Cu lanka nebo síťové šňůry. Pozornost věnujeme pořadí vývodů, pamatujeme, že číslování je uváděno vždy při pohledu shora. Obvody MA0403 a MA0403A mají zaměněné vývody 7 a 9, proto pozor při zapojování.

#### Uvedení do chodu

Na zapojení není žádných záludností a zesilovač pracuje na první zapojení. Podle napájecího napětí zvolíme  $R_4$  (pro 9, 12, 15, 18 V to bude 56, 47, 33, 27 k $\Omega$ ), jeho odpor není kritický, pro všechna napětí lze použít 47 k $\Omega$ . Pracovní bod nastavíme trimrem  $R_2$  tak, že konce odporové dráhy provizorně připojíme na vývody 5 a 3 a otáčíme běžcem tak, aby voltmetr mezi vývody 10 a 3 ukazoval polovinu napájecího napětí, při nastavení je vhodné vstup ( $C_1$ ) propojit se zemí. Klidový proud při napájecím napětí 9, 12, 15, 18 V je asi 9, 13, 17, 22 mA. Protože přesné nastavení pracovního bodu je velmi kritické, je výhodné změřit odpor té části trimru, která je připojena mezi vývody 5 a 6, nahradit ho pevným rezistorem

přibližně stejného odporu a využít trimru jako nastavitelného rezistoru mezi vývody 6 a 3. Kdo má možnost použít nf generátor a osciloskop, překontroluje nastavení těmito přístroji. Chceme-li ze zesilovače odebírat větší výkon (při napájecím napětí větším než 9 V), musíme připojit na střední (širší vývody) dvě chladič křídélka z měděného plechu (obr. 103).



Obr. 103. Rozměry chladičích křidélek pro MA0403

#### Rozpiska materiálů

- $R_1$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 0,22 M $\Omega$
- $R_2$  odporový trimr uhlíkový TR 040, 1 M $\Omega$
- $R_3$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 15 k $\Omega$
- $R_4$  vrstvý rezistor uhlíkový TR 212, 47 k $\Omega$
- $C_1$  kondenzátor keramický TK 783, 100 nF
- $C_2$  kondenzátor keramický TK 754, 100 pF
- $C_3$  kondenzátor elektrolytický TE 984, 10  $\mu$ F/15 V
- $C_4$  kondenzátor keramický TK 754, 150 pF
- $C_5$  kondenzátor elektrolytický TE 984, 200  $\mu$ F/15 V
- $C_6$  kondenzátor elektrolytický TE 984, 500  $\mu$ F/15 V
- IO integrovaný obvod MA0403 (MA0403A)
- 1 ks izolační destička 40x65 mm (tl. 1 až 1,5 mm)
- 1 ks reproduktor 4 až 8  $\Omega$  (větší průměr)

Obr. 104. Schéma zapojení zesilovače s MBA810

#### B-6b Koncový zesilovač s MBA810

Chceme-li postavit výkonnější zesilovač s moderním integrovaným obvodem, použijeme IO typu MBA810:

MBA810 – základní typ (chladič pájet), MBA810A – základní typ (chladič šroubovat),

MBA810S – s vestavěnou tepelnou ochranou,

MBA810AS – s vestavěnou tepelnou ochranou – šroubovací chladič,

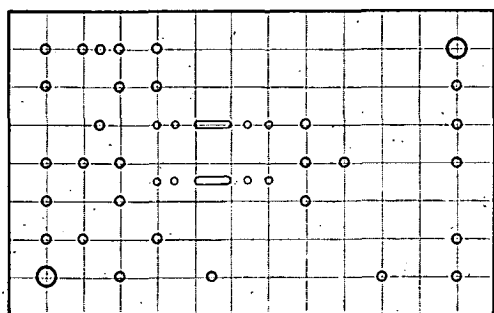
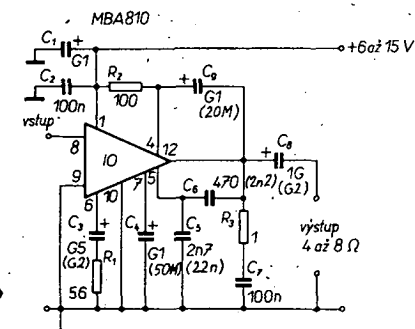
MBA810DS – s vestavěnou tepelnou a přepětovou ochranou,

MBA810DAS – s vestavěnou tepelnou a přepětovou ochranou a šroubovacím chladičem.

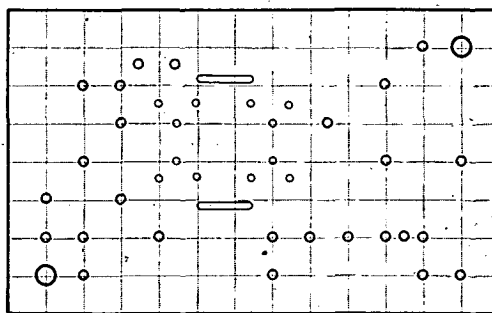
Maximální možný výkon tohoto obvodu je 5 W.

#### Popis a provedení

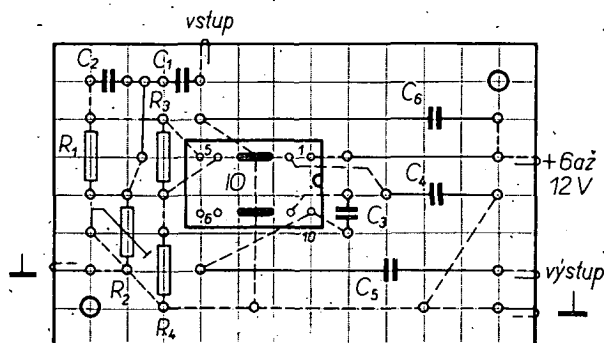
Zesilovač podle obr. 104 pracuje v rozsahu napájecích napětí 5 až 20 V. Výhodou je, že při správném zapojení vnějších obvodů není nutné nic nastavovat. Do výkonu 1 W není třeba obvod chladit. Protože u našeho zapojení nebude odebrán výkon větší než 1 W, není s chlazením



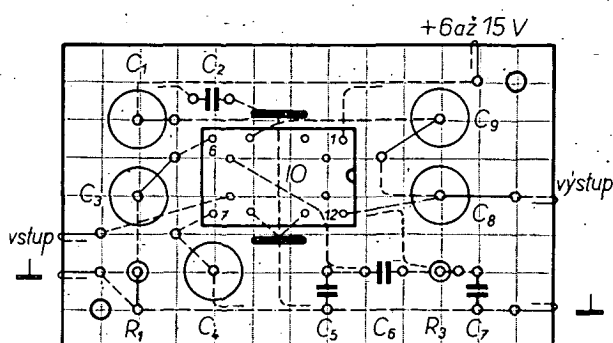
a)



a)



b)



b)

Obr. 102. Destička pro zesilovač s MA0403; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

Obr. 105. Destička pro zesilovač s MBA810; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

počítáno. Při větším odebráném výkonu je nutné k obvodu připojit chladič (obr. 103). Destičku vyvrtáme podle obr. 105a, osadíme podle obr. 105b. Aby se rozměrné kondenzátory vešly na předepsanou destičku, zvolíme uspořádání součástek na výšku. Nepožadujeme-li maximální výkon, můžeme vynechat kondenzátor  $C_5$ , zapojení pak pracuje bez tzv. vazby „bootstrap“.

Oba zesilovače nejsou úmyslně konstruovány na desce s plošnými spoji. Chybí stínění, je třeba mít na paměti, že takto zapojený zesilovač může mít při plném vybuzení sklony ke kmitání, proto je navržené uspořádání výhodné pouze pro menší výkon. Při osazování budeme mít potíže se zajištěním rezistoru  $1\ \Omega$  v členu  $RC$  na výstupu – použijeme dva rezistory  $TR\ 212$ ,  $2,2\ \Omega$ , zapojené paralelně. Neseženeme-li ani tyto rezistory, pomůžeme si tlustším odporovým drátem ze starého drátového odporu. Odvineme kousek, změníme jeho odpor a úměrou vypočteme potřebný kus. Ustříhneme vypočtený díl a konce důkladně očistíme např. jemným smirkem. Pocínujeme je na novoduru a drát navineme na rezistor  $TR\ 212$  libovolného odporu ( $k\ \Omega$ ). Konce drátu natočíme na vývody rezistoru těsně k čepičkám a připájíme. Odpor rezistoru není pro naše účely kritický.

Pro malý výkon je vhodné použít součástky v závorkách,  $R_3$  a  $C_7$  lze vypustit.

#### Rozpiska materiálů

- $R_1$  vrstvý rezistor uhlíkový  $TR\ 212$ ,  $56\ \Omega$
- $R_2$  vrstvý rezistor uhlíkový  $TR\ 212$ ,  $100\ \Omega$
- $R_3$  vrstvý rezistor uhlíkový  $TR\ 212$ ,  $2,2\ \Omega$ , 2 ks paralelně
- $C_1, C_4, C_9$  kondenzátor elektrolytický  $TE\ 984$ ,  $100\ \mu F/15\ V$
- $C_2, C_7$  kondenzátor keramický  $TK\ 783$ ,  $100\ nF$
- $C_3$  kondenzátor elektrolytický  $TE\ 984$ ,  $500\ \mu F/15\ V$
- $C_5$  kondenzátor keramický  $TK\ 724$ ,  $2,7\ nF$
- $C_6$  kondenzátor keramický  $TK\ 724$ ,  $470\ pF$
- $C_8$  kondenzátor elektrolytický  $TE\ 984$ ,  $1000\ \mu F/15\ V$
- IO integrovaný obvod  $MBA810$  ( $MBA810S$ ,  $MBA810DS$ )
- 1 ks izolační destička  $40 \times 65\ mm$ , tl. 1 až  $1,5\ mm$
- 1 ks reproduktor  $4\ až\ 8\ \Omega$  (větší průměr)

### Přístroje pro pokročilé starší – skupina C

#### C-1 Jednoduché regulovatelné a stabilizované zdroje napájené ze sítě

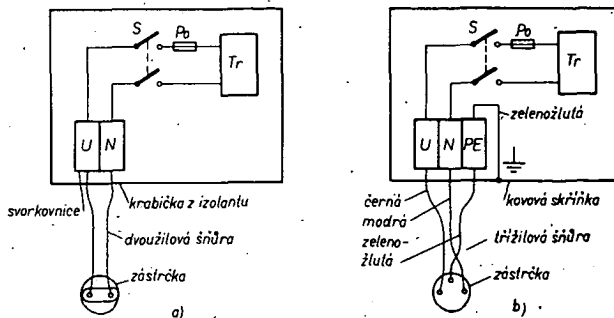
I když jsou zdroje námětem obsaženým v každé publikaci, je nutné zde některé praktické zásady jejich stavby uvést. Zdroje popsané ve skupině A jsou málo výkonné a baterie mají krátkou dobu života. Nahradíme-li baterii zvonkovým nebo jiným vhodným transformátorem a usměrňovačem s elektrolytickým kondenzátorem, můžeme ze zdroje odebírat větší proud bez ohledu na čas.

Při použití sítě  $220\ V/50\ Hz$  musíme dodržovat několik zásad s ohledem na bezpečnost (obr. 106):

**Přívodní šňůra:** musí být dvoužilová pro přístroje v krabici z izolantu, nebo třížilová pro přístroje v kovové skřínce.

**Síťový spínač:** přívod sítě jde vždy nejprve na dvoupólový spínač a z něho teprve do přístroje. Vypínají se vždy oba póly sítě. U třížilové šňůry je třetí ochranný vodič (žlutozelený) přiveden na kovovou kostru přístroje – nesmí se vypínat. U kovové skřínky nesmí být použita dvoužilová šňůra a nikdy se nesmí spojit jeden pól dvoužilové šňůry s kostrou i kdyby byla

Obr. 106. Způsob provedení síťového přívodu v přístrojích; a) přístroj v krabici z izolantu, b) přístroj v kovové skřínce



použita zástrčka s ochranným kolíkem. I když podle ČSN je u správně zapojené zásuvky při pohledu zpredu fázový vodič vlevo, ochranný kolík nahoře a nulový vodič vpravo, při použití u nás prodávané rozbojky není na její jedné straně tento předpis dodržen.

**Pojistka:** za síťovým spínačem přístroje musí být síťová pojistka, která může být vynechána jen u drobných přístrojů.

**Transformátor:** musí mít izolaci proti kostře i proti sekundárnímu vinutí: zkoušenou na napětí  $2\ kV$ . Zkušební napětí je střídavé. Nemá-li transformátor zkoušenou izolaci, může být použit jen do kovové skřínky a jeden pól sekundárního vinutí musí být uzemněn (tím spojen s ochranným vodičem sítě).

#### Transformátor

Má vinutí primární (do něhož střídavý proud přivádíme) a sekundární, z něhož střídavý proud odebíráme. Obě vinutí jsou od sebe izolována a navinuta na cívice, do níž jsou vloženy transformátorové plechy.

Napětí příslušející oběma vinutím je přímo úměrné počtu závitů. Rozhodující údaj je počet závitů na jeden volt ( $N_{1V}$ ), u sekundárního vinutí je zvětšen o součinitel  $k$ , v němž jsou zahrnuty ztráty transformátoru. Vychází se z účinnosti transformátoru ( $\eta = 0,6$  pro malé plechy  $EI10$  až  $\eta = 0,92$  pro velké plechy  $EI64$ ). Čím jsou plechy větší, tím je  $N_{1V}$  menší.

Proud vinutím je přímo úměrný průřezu drátu. Rozhodující je tzv. proudová hustota  $\sigma$  ( $A/mm^2$ ). Volí se asi  $2,5\ A/mm^2$ , ale u tenkých drátů pro malé transformátorky až  $5\ A/mm^2$ . U tlustých drátů se volí obvykle  $2\ A/mm^2$ .

Výkon transformátoru je dán velikostí plechů a výškou svazku – tedy průřezem jádra cívk. Vinutí musíme velikosti jádra transformátoru přizpůsobit. Není možné vyžadovat od jádra z malých plechů velký výkon – potřebný počet závitů drátu o potřebném průřezu se do prostoru okénka prostě nevejde. Přibližně lze výkon  $P$  transformátoru ve voltampérech ( $VA$ ) vypočítat umocněním průřezu jádra v  $cm^2$ .

**Příklad:** Jádro transformátoru z plechů  $EI$  má šířku  $a = 25\ mm$ , jde tedy o plechy  $EI25$ , a výška složeného jádra  $b = 25\ mm$ . Jaký je přibližný výkon jádra?

Průřez  $S$  jádra  $S = ab = 25\ mm \cdot 25\ mm = 625\ mm^2 = 6,25\ cm^2$ . Přibližný výkon  $P_s$  jádra  $P_s = S^2 \cdot \eta = 6,25^2 \cdot 0,75 = 39\ VA$ .

Uvedený přibližný výpočet platí do velikosti plechů  $EI25$ . U větších plechů je skutečný výkon jádra menší a u plechů  $EI64$  přibližně poloviční.

**Příklad:** Jak velký transformátor budeme potřebovat pro zdroj  $20\ V/1\ A$ ? Zjednodušený výpočet (nejsou uvažovány ztráty v usměrňovači ani zvětšené napětí na kondenzátoru za usměrňovačem), účinnost  $\eta = 0,6$  až  $0,92$  (uvažujeme  $0,75$ ).

Výkon  $P_s$  bude:

$$P_s = U_{\text{sel}} I = 20\ V \cdot 1\ A = 20\ VA.$$

Příkon  $P_p$  bude:

$$P_p = P_s / \eta = P_s / (0,6 \text{ až } 0,92) = 20 / 0,75 = 26,6 = 27\ VA.$$

Průřez jádra

$$S = \sqrt{P_p} = \sqrt{26,6} = 5,15\ cm^2.$$

Strana jádra

$$a = \sqrt{S} = \sqrt{5,15} = 2,27\ cm.$$

Volíme plechy  $EI25$  (šířka jádra  $25\ mm$ ) a výšku jádra také  $25\ mm$ . Skutečný průřez jádra bude  $S = 2,5 \cdot 2,5 = 6,25\ cm^2$  (s ohledem na snazší navinutí zaokrouhlili jsme raději nahoru). Použijeme-li příliš velké plechy – velký průřez jádra – a vinutí pro malý výkon, zůstane značná část prostoru pro vinutí prázdná.

Rozměry vyráběných plechů (značí též šířku středního sloupku v  $mm$ ):  $EI10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 50, 64$ . Výšky jader jsou obvykle shodné. Kromě běžných plechů tvaru  $EI$  jsou používány též plechy typu  $M$  (jsou dražší) těchto rozměrů:  $M5, 7, 12, 17, 20, 23, 29, 34$  – čísla značí též šířku jádra v  $mm$ . Výšky jader se dělají stejné jako u plechů  $EI$ , nikoli shodné se šířkami jader plechů  $M$ .

Vinutí transformátoru – počet závitů pro jednotlivá vinutí je volen s ohledem na magnetickou indukci jádra, která je v mezích do  $1,2\ T$  (Tesla =  $12\ 000$  gaussů – užíváno dříve) u malých transformátorů do rozměru plechů  $EI25$  a  $0,9\ T$  u plechů  $EI64$ . Přibližný výpočet závitů na  $1\ V$  ( $N_{1V}$ ) uvažovaný pro magnetickou indukci  $1\ T$  a kmitočet sítě  $50\ Hz$  vychází ze vztahu

$$N_{1V} = \frac{45\ (= \text{konstanta pro } 1\ T)}{S\ (= \text{průřez jádra v } cm^2)}$$

**Příklad:** Kolik závitů na  $1\ V$  budeme potřebovat u transformátoru z plechů  $EI25 \times 25$  ( $S = 2,5 \cdot 2,5 = 6,25\ cm^2$ )?

$$N_{1V} = 45/S = 45/6,25\ cm^2 = 7,2\ \text{závitů na } 1\ V.$$

Počet závitů pro primární vinutí  $220\ V$  ( $N_{220V}$ ):

$$N_{220V} = N_{1V} U_{\text{prim}} = 7,2 \cdot 220\ V = 1584\ \text{závitů}.$$

Počet závitů pro sekundární vinutí  $20\ V$  ( $N_{20V}$ ) vypočteme stejně, ale výsledek vynásobíme konstantou  $k$  (zahrnuje ztráty rozptylem a odporem vinutí). Konstanta  $k$  je v rozmezí  $k = 1,04$  pro velké plechy  $EI64$  až  $k = 1,32$  pro nejmenší plechy  $EI10$ . Pro plechy  $EI20$  (naš příklad) volíme  $k = 1,15$ .

$$N_{20V} = k N_{1V} U_{\text{sek}} = 1,15 \cdot 7,2 \cdot 20\ V = 166\ \text{závitů}.$$

Tloušťku drátu vypočteme z proudů jednotlivých vinutí.

Příkon transformátoru ( $P_p$ ) z předcházejícího výpočtu bude  $27\ VA$ . Proud  $I_p$  primární

ním vinutím

$$I_p = P_p / U_{\text{prim}} = 27 \text{ VA} / 220 \text{ V} = 0,122 \text{ A}.$$

Přibližný průměr drátu ( $d$ ) vypočteme (uvažujeme-li proudovou hustotu  $2,5 \text{ A/mm}^2$ ) ze vztahu:

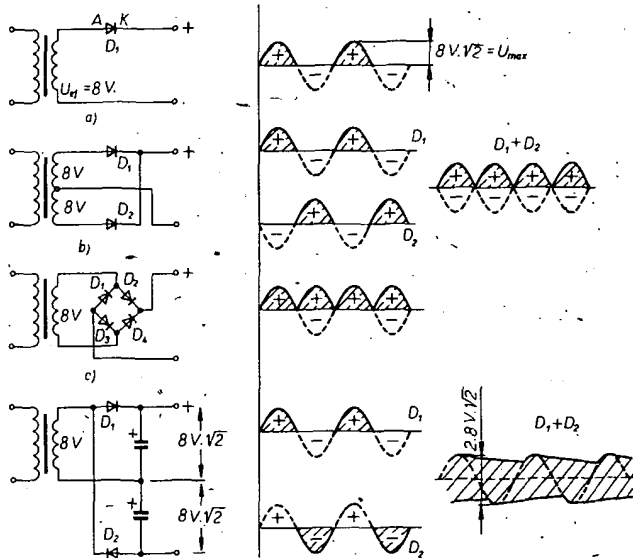
$$d = 1,13 \sqrt{\frac{\text{proud vinutím}}{\text{proudová hustota}}} = 1,13 \sqrt{0,122 \text{ A} / 2,5 \text{ A mm}^{-2}} = 0,249 \text{ mm}.$$

Z drátů vyráběných použijeme drát o  $\varnothing 0,236 \text{ mm}$ . Volíme vždy nejbližší vyráběný průměr. Průměry Cu drátů jsou odstupňovány přibližně po desetinné milimetre. Do průměru asi  $0,5 \text{ mm}$  zaokrouhlujeme směrem dolů (můžeme zatěžovat proudem větším než  $2,5 \text{ A/mm}^2$ ), nad průměr  $0,5 \text{ mm}$  zaokrouhlujeme směrem nahoru (zatěžujeme raději méně než  $2,5 \text{ A/mm}^2$ ).

Přibližný průměr drátu pro sekundární vinutí ( $I = 1 \text{ A}$ ):

$$d = 1,13 \sqrt{1 \text{ A} / 2,5 \text{ A mm}^{-2}} = 1,13 \sqrt{0,4} = 0,714 \text{ mm}.$$

Použijeme drát o  $\varnothing 0,75 \text{ mm}$ .

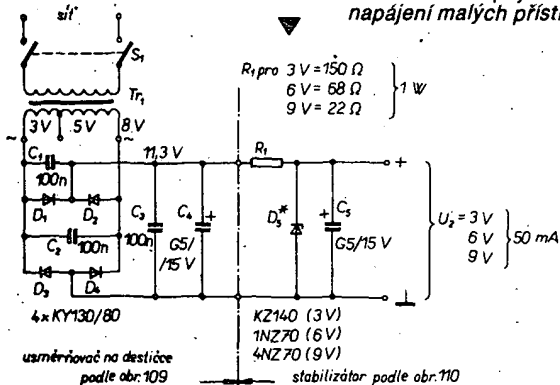


Obr. 107. Užívaná zapojení usměrňovačů; a) jednocestný usměrňovač, b) dvoucestný usměrňovač, c) můstkový usměrňovač, d) zdvojevač napětí, e) usměrňovač s přepínačem (poloha I dvoucestný, poloha II můstkový pro dvojnásobné napětí)

$$\text{I. } U_{\text{max}} = 8 \cdot \sqrt{2} = 11,3 \text{ V}$$

$$\text{II. } U_{\text{max}} = 2 \cdot 8 \cdot \sqrt{2} = 22,6 \text{ V}$$

Obr. 108. Schéma zapojení zdroje pro napájení malých přístrojů



usměrňovač na destičce podle obr.109

stabilizátor podle obr.110

## Usměrňovač

Nejvýhodnější jsou křemíkové diody, zapojené buď jako jednocestný, dvoucestný nebo můstkový usměrňovač, případně jako zdvojevač napětí.

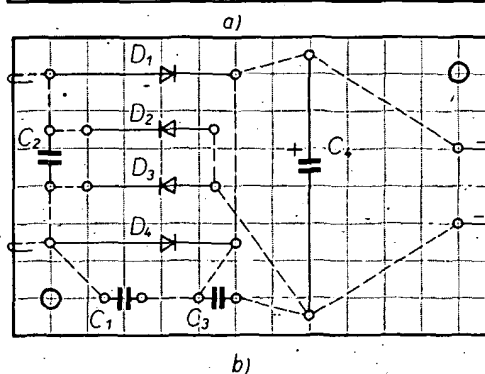
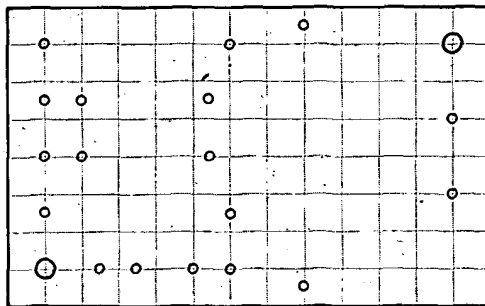
**Jednocestný usměrňovač** (obr. 107a). Propouští pouze půl vlny jedné polarit. Výstupní napětí je poměrně měkké (závisí na odebíraném proudu, kapacitě filtračního kondenzátoru a vnitřním odporu transformátoru i usměrňovače).

**Dvoucestný usměrňovač** (obr. 107b). Jsou to vlastně dva jednocestné usměrňovače zapojené paralelně tak, aby každý propouštěl jednu půlvinu (jedna polovina vinutí má opačnou fázi). Při každé půlvině pracuje jen jedna polovina sekundárního

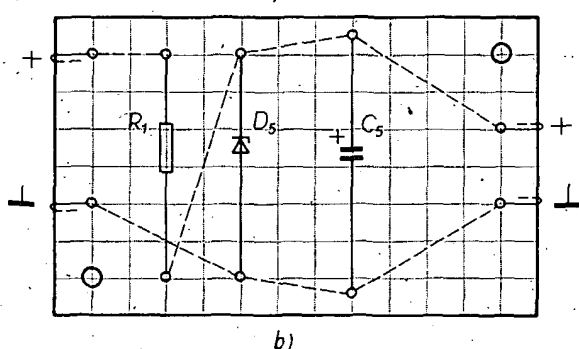
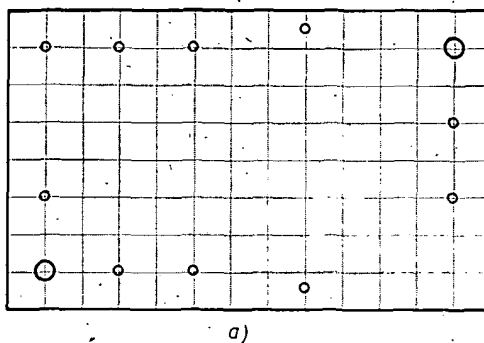
vinutí transformátoru, protéká jí plný proud. Protože pracuje jen po polovinu kmitu, vine se tenčím drátem a má proto větší vnitřní odpor.

**Můstkový usměrňovač** (obr. 107c), je nejuznávanější druh usměrňovače. Výhodou je jednoduché vinutí, dimenzované na jmenovitý proud (má malý vnitřní odpor). Nevýhodou je nutnost použít 4 diody. Protože při každé půlvině prochází proud vždy dvěma diodami, vzniká při usměrňování větší úbytek napětí než u dvoucestného usměrňovače. Výhodou je, že diody mohou být na menší napětí.

**Zdvojevač napětí** (obr. 107d). Jde o dva jednocestné usměrňovače v sérii. Každý z nich pracuje po dobu jedné půlvin. Naprázdno (nezatížený) dává zdvojevač



Obr. 109. Vrtaná destička pro usměrňovač; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek



Obr. 110. Destička pro stabilizátor zdroje; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

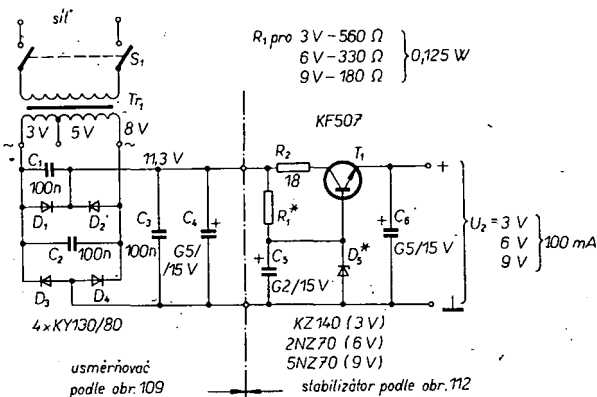
napětí blízké dvojnásobku vrcholové velikosti střídavého napětí. Při zatížení se usměrněné napětí zmenšuje. Zdvoujovač používáme tam, kde nepožadujeme velký odebíraný proud a je k dispozici malé napětí pro napájení usměrňovače. **Usměrňovací diody:** Při rozhodování, jakou diodu pro usměrňovač použijeme, je rozhodující napájecí napětí, druh zátěže usměrňovače (odporová nebo kapacitní), případně kapacita elektrolytického kondenzátoru a odebíraný proud.

**Příklad:** Dioda KY132/80 má závěrné napětí 80 V a dovolený proud 1 A. Použijeme-li ji pro jednocestný usměrňovač zatížený elektrolytickým kondenzátorem, jehož maximální kapacita může být 1600  $\mu\text{F}$  (podle katalogu TESLA), může být napětí na kondenzátoru maximálně 15 V – nikoli 80 V – a mezní proud jen 0,8 A – nikoli 1 A (viz katalog). Za diodou KY132/1000 může být připojen kondenzátor s maximální kapacitou pouze 200  $\mu\text{F}$  a napětí na něm může být pouze 230 V, nikoli 1000 V. Při zatížení pouze odporem může být na odporu napětí dvojnásobné (560 V) a odebíraný proud až 1 A. Při použití diody KY130/80 v můstkovém usměrňovači může být napětí na elektrolytickém kondenzátoru dvojnásobné – tedy 30 V (dvě diody jsou vždy v sérii). Při sériovém zapojení diod se proud samozřejmě nemění a dovolená kapacita kondenzátoru také ne.

#### Filtrační elektrolytický kondenzátor

Musí být dimenzován na vrcholovou velikost napětí dodávaného transformátorem. Napětí naměřené běžným ručkovým měřicím přístrojem je napětí efektivní ( $U_{\text{ef}}$ ). Napětí maximální (vrcholová velikost napětí,  $U_{\text{max}}$ )  $U_{\text{max}} = U_{\text{ef}} \sqrt{2} = 1,41 U_{\text{ef}}$ .

Naměříme-li na sekundárním vinutí 20 V ( $U_{\text{ef}}$ ), bude jeho vrcholová velikost  $U_{\text{max}} = 1,4142 \cdot 20 \times 28,28 \text{ V}$ . Použijeme elektrolytický kondenzátor na 35 V (nejbližší větší napětí ve vyráběné řadě). Filtrační (vyhlazovací) kondenzátor připojujeme hned za usměrňovač. Pro lepší filtraci (menší zvlnění stejnosměrného napětí) připojujeme přes rezistor další kondenzátor – vzniká filtr RC. Nevýhodou je, že na rezistoru vzniká úbytek napětí. Místo rezistoru lze použít tlumivku – filtr LC – střídavé složce usměrněného napětí klade tlumivka velký a stejnosměrnému proudu jen malý odpor (činný odpor). Tlumivka je rozměrnější a dražší než rezistor, ale úbytek na ni je podstatně menší než na rezistoru. U zdrojů s tranzistorem je tranzistor zapojen jako řízený odpor místo tlumivky.



Obr. 111. Schéma zapojení zdroje s tranzistorem

### C-1a Jednoduchý síťový zdroj

Pro napájení malých tranzistorových přijímačů a kalkulaček s napětím 3,6 a 9 V použijeme zdroj, jehož napětí je stabilizované pouze Zenerovou diodou. Transformátor je zvonkový (typ 0156) s napětím 3 a 5 V/0,3 A a 8 V/0,2 A. Usměrňovací diody jsou křemíkové KY130/80 (mezní proud 0,3 A). Zdroj dává napětí shodné s napětím Zenerovy diody. Zenerovu diodu musíme vybrat měřením a její napětí by mělo být v rozmezí asi +10, -20 % požadovaného napětí zdroje. Rezistor  $R_1$  nesmí při daném napětí usměrňovače propustit Zenerovou diodou větší proud, než je dovolený, jinak se dioda při provozu zdroje bez zatížení zničí. Schéma zapojení je na obr. 108. Zdroj je na dvou destičkách podle obr. 109a, 110a, které osadíme podle obr. 109b a 110b. Destičku s transformátorem umístíme do vhodné plastické krabičky, síť přivedeme dvoužilovou šňůrou na dvoupolový páčkový spínač. Při používání zdroje si uvědomujeme, že se při odběru většího proudu než dovoleného napětí zmenšuje a není stabilizované. Při zničení (přerušení) Zenerovy diody je na výstupu zdroje napětí shodné s napětím na filtračním kondenzátoru.

**Poznámka:** Všechny zdroje s polovodičovými diodami jsou zdrojem rušení v oblasti Vf (způsobené „sepnutím“ diody až při určitém napětí), které často vadí u citlivých přijímačů. Rušení lze odstranit blokovacími keramickými kondenzátory 22 až 100 nF. V případě, že Vf rušení nevadí, kondenzátory  $C_1$  až  $C_3$  můžeme vypustit. Maximální výstupní proud zdroje je 50 mA.

### C-1b Síťový zdroj s tranzistorem

Pro větší přijímače nevyhovuje zdroj se Zenerovou diodou – musela by být na větší výkon, proto je výhodnější zapojit ji do báze regulačního tranzistoru. Nevýhodou je, že výstupní napětí zdroje je menší

o úbytek 0,2 až 0,7 V (podle použitého tranzistoru) na přechodu báze – emitor tranzistoru  $T_1$ , než napětí Zenerovy diody. Pro požadované výstupní napětí zdroje se musí Zenerova dioda vybrat, neboť výstupní napětí nelze nastavovat. Tranzistor musí být dimenzován na proud odebíraný ze zdroje a musí odvést vzniklý ztrátový výkon  $P$ .

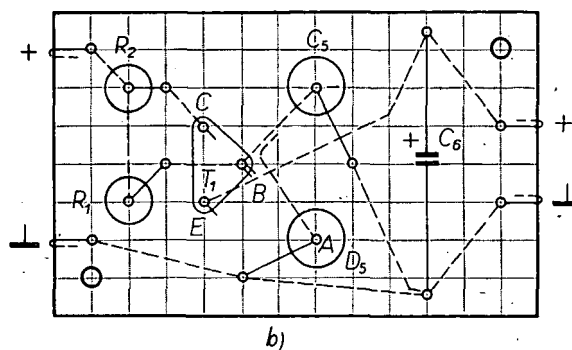
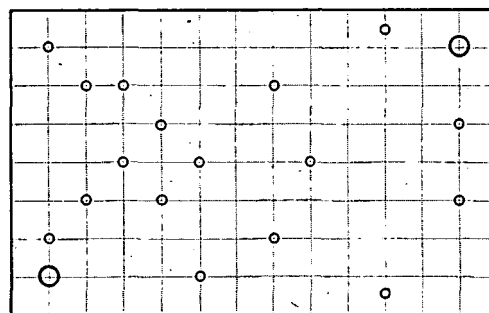
**Příklad:** Odebíraný proud je 100 mA (0,1 A), výstupní napětí 6 V a napětí na kondenzátoru  $C_1$  je 10,5 V. Úbytek napětí na tranzistoru je:  $10,5 \text{ V} - 6 \text{ V} = 4,5 \text{ V}$ . Ztrátový výkon  $P$  na tranzistoru je  $P = UI = 4,5 \text{ V} \cdot 0,1 \text{ A} = 0,45 \text{ W}$ .

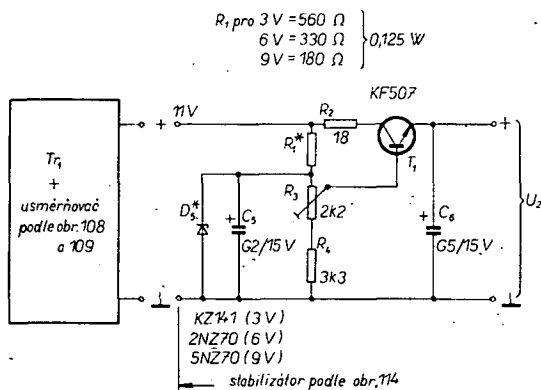
Podle použitého typu a údajů katalogů rozhodneme, zda musíme tranzistor opatřit chladičem či nikoli. Zapojení zdroje pro výstupní proud 100 mA je na obr. 111. Součástky jsou připájeny na dvou destičkách (obr. 109a, usměrňovač, a 112a, stabilizátor) osazených podle obr. 109b a 112b. Součástky kromě  $C_6$  jsou postaveny na výšku. Ochranný rezistor  $R_2$  sice zvětšuje vnitřní odpor zdroje (zhoršuje vlastnosti stabilizátoru), ale chrání tranzistor před přetížením při zkratu. Při použití menšího typu zvonkového transformátoru (má velký vnitřní odpor) můžeme odpor  $R_2$  vynechat.

### C-1c Jednoduchý síťový zdroj s nastavitelným výstupním napětím

Napájecí zdroje C-1a, C-1b mají nevýhodu, že se nedá nastavit libovolné výstupní napětí; to je dáno napětím Zenerovy diody. Připojíme-li k této diodě rezistor s odporovým trimrem zapojeným jako dělič napětí a bázi regulačního tranzistoru připojíme na běžec trimru, můžeme výstupní napětí nastavit podle potřeby. Napětí Zenerovy diody musí být menší než napětí na zatíženém kondenzátoru  $C_4$  a maximální výstupní napětí zdroje je o 0,2 až 0,7 V menší než napětí na Zenerově diodě. Regulační tranzistor má mít malý zbytkový proud, nejlepší je křemíkový. Při použití germaniových tranzistorů s větším zbytkovým proudem se u nezatíženého

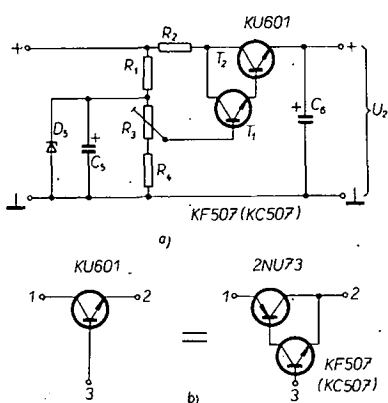
Obr. 112. Destička pro stabilizátor zdroje; a) rozměry a provedení dír, b) rozmístění a zapojení součástek



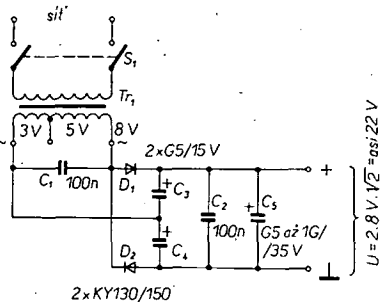


Obr. 113. Schéma zapojení zdroje s tranzistorem a nastavitelným výstupním napětím

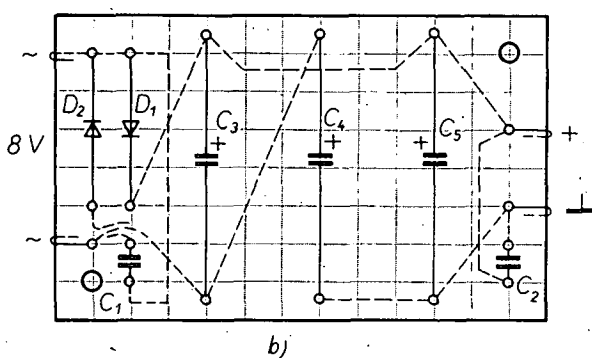
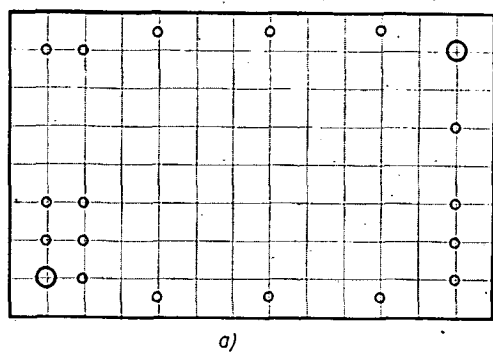
Obr. 114. Destička pro stabilizátor zdroje; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek



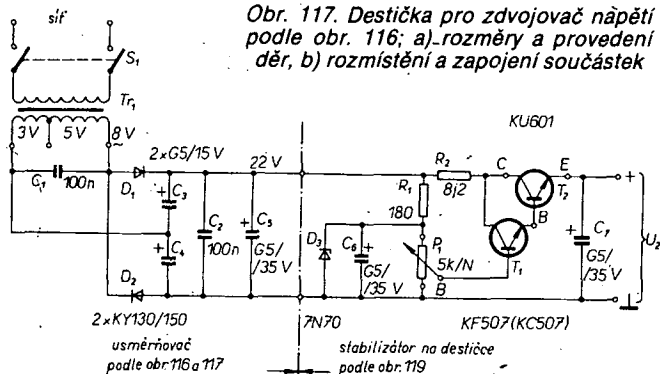
Obr. 115. Schéma zapojení stabilizátoru se zvětšeným činitelem stabilizace; a) zapojení s dvěma tranzistory, b) náhrada výkonového tranzistoru n-p-n tranzistorem p-n-p a n-p-n



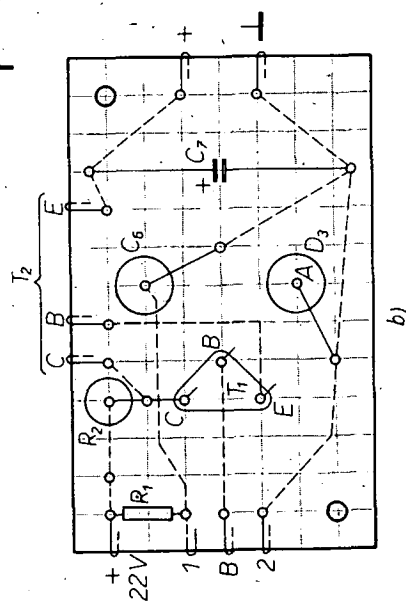
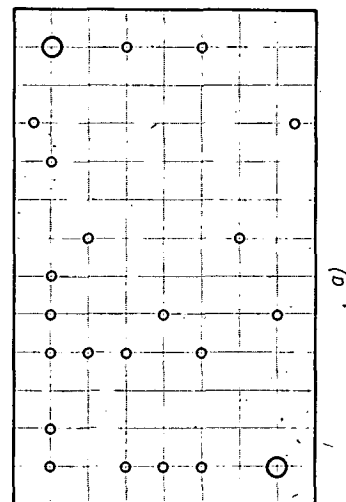
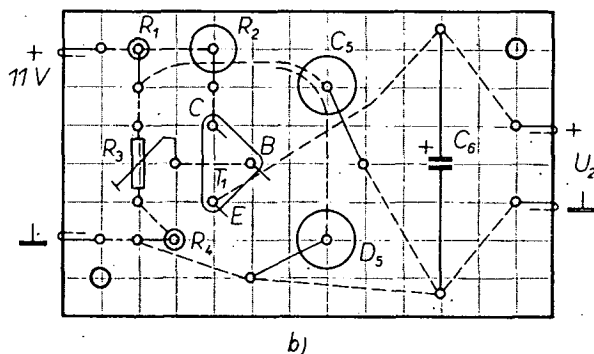
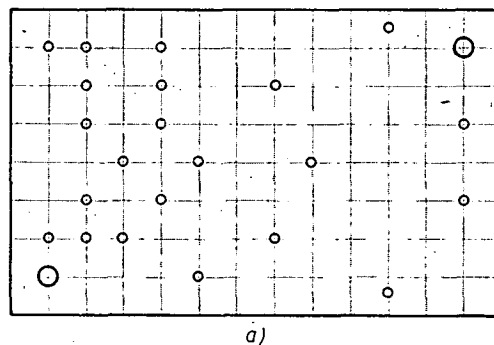
Obr. 116. Schéma zapojení zdvojevače napětí pro zdroj



Obr. 117. Destička pro zdvojevač napětí podle obr. 116; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

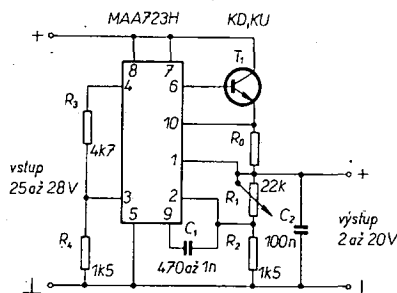


Obr. 118. Schéma zapojení zdroje s regulací napětí od nuly



Obr. 119. Destička pro stabilizátor zdroje podle obr. 118; a) rozměry a provedení děr, b) rozmístění a zapojení součástek

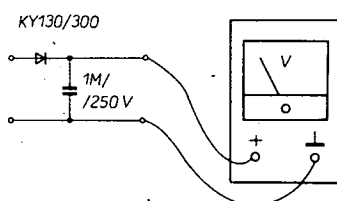




Obr. 122. Schéma zapojení MAA723 jako stabilizovaného zdroje s regulací výstupního napětí a s proudovým omezením

Nevýhodou tohoto jednoduchého zapojení je, že zdroj nemůže pracovat od 0 V, ale až od napětí asi 2 V. Další nevýhodou stabilizátoru s MAA723 je, že při zapojení jako regulovatelný zdroj je na jeho výstupu zvlněné napětí pilovitého průběhu o proměnném kmitočtu (až stovky kHz). Je to nepříjemná vlastnost většiny stabilizátorů s operačními zesilovači, napájenými ze sítě. Zvlnění zjistíme osciloskopem v některé oblasti nastaveného napětí a při určitém proudu. Laborování s kondenzátorem  $C_1$  většinou nepomáhá. Zvlnění lze potlačit zablokováním výstupu elektrolytickým kondenzátorem 5 až 20  $\mu\text{F}$ . Při práci s tímto zdrojem a připojenou zátěží s velkou kapacitou se stává, že při rychlé změně výstupního napětí potenciometrem (nebo přepínačem), při vypnutí, zapnutí apod. přestane pracovat proudová ochrana. Vlivem „chvilkového“ velkého rozdílu napětí mezi vývody 10 a 1 se poškodí přechod emitor-báze tranzistoru  $T_{16}$  v integrovaném obvodu (viz obr. 123). Při této poruše si pomůžeme tak, že připojíme tranzistor KC507 nebo podobný k vývodům 1, 9, 10 IO a obvod může znovu správně pracovat. Má-li některý přechod poškozeného tranzistoru  $T_{16}$  zkrat (zjistíme ohmmetrem), „upálíme“ ho přiložením napětí 1 až 3 V. Aby se opět nezničil náhradní omezovací tranzistor, chráníme jej připojením vývodu 10 přes ochranný rezistor 8,2 k $\Omega$ . Přechod emitor-báze se pak proudem nemůže zničit a funkce ochrany je zachována. Ochranný rezistor se ve zveřejněných zapojeních neuvádí a zničení omezovacího tranzistoru u regulovatelných zdrojů s MAA723 je pak dost častou poruchou.

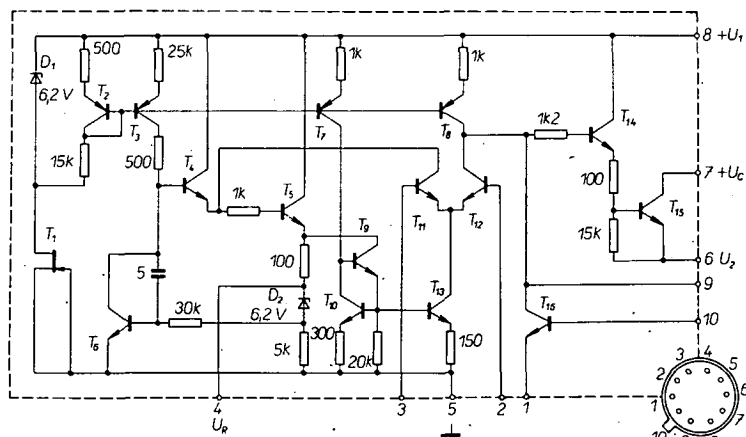
Další chybou při návrhu regulovatelných zdrojů s MAA723 je příliš velké výstupní napětí. Mezní napětí pro vstup stabilizátoru je 40 V (napěťovou rezervu IO nemá). Napětí 50 V snese obvod jenom jako impuls délky 50 ms (2,5 kmitu sítě). Abychom napětí 40 V nepřekročili, může být špičková (maximální) hodnota sekundárního napětí na transformátoru také 40 V. Z toho vypočítané efektivní napětí (změřené měřicím přístrojem) je:



Obr. 124. Schéma zapojení přípravku pro změření napěťové špičky na transformátoru při zapnutí

$$U_{ef} = U_{max} / \sqrt{2} = 40 / 1,41 = 28 \text{ V.}$$

Ale pozor! Toto napětí vyhovuje obvodu při běžném provozu, nevyhovuje však při zapnutí zdroje. Stává se, hlavně u výkonnějších zdrojů s větším transformátorem (malý odpor vinutí), že stabilizátor po několikrát zapnutí přestane pracovat. Dáváme vinu špatné kvalitě MAA723, ale vina je na straně návrhu. Chceme-li mít zdroj s výkonným transformátorem a co největším výstupním napětím, nesmíme přechodové jevy při zapnutí zanedbat. Z praxe víme, že při připojení napětí na transformátor v okamžiku průchodu elektrického proudu maximem vyvolá vzniklý proudový náraz v sekundárním vinutí zvýšené napětí. Napěťová špička dosahuje 3 až 6násobku jmenovitého napětí na nezatíženém transformátoru – závisí na vnitřním odporu vinutí. Může tedy být na našem transformátoru až 28 V  $\cdot$  6 = 168 V, tato špička se samozřejmě zmenšuje. U zdrojů je transformátor zatížen elektrolytickým kondenzátorem a stabilizátorem. Nejnejpříznivější podmínky nastanou při zapnutí, či lépe vypnutí a opětovném zapnutí nezatíženého zdroje. Při nenabití filtračním kondenzátorem je transformátor značně zatížen, ale po vypnutí a opětovném zapnutí nezatíženého zdroje zůstává kondenzátor nabit a transformátor je nezatížen. Veli-

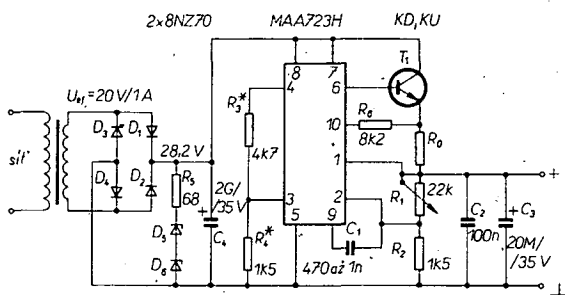


Obr. 123. Vnitřní schéma zapojení MAA723 a zapojení vývodů (pohled zespodu)

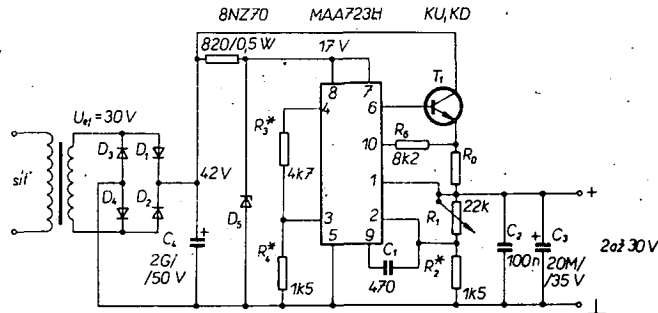
kost napěťového impulsu změříme voltmetrem s velkým vnitřním odporem a přípravkem z kondenzátoru 1  $\mu\text{F}$  (MP nebo papírový), nabíjeného oddělovací diodou (obr. 124). Napěťová špička u zdrojů dosahuje v praxi 2 až 3násobku jmenovitého napětí. Proto raději nepoužíváme sekundární napětí transformátoru větší než 20 V, nebo při větším napětí připojíme za usměrňovač ochranné Zenerovy diody se Zenerovým napětím větším, než je napětí na elektrolytickém kondenzátoru usměrňovače při běžném provozu (obr. 125). Chceme-li využívat MAA723 k regulaci většího napětí a zajistit, aby se na obvod nedostaly napěťové špičky, napájíme jej napětím, zmenšeným Zenerovou diodou (obr. 126). Pak nebezpečí napěťových špiček obvodu vůbec nehrozí.

Výstupní napětí regulované potenciometrem  $R_1$  je zvláště z počátku (malé napětí) regulováno hrubě. Regulaci zlepšíme zařazením dalšího potenciometru 100  $\Omega$  až 1 k $\Omega$  do série s  $R_1$ , kterým řídíme napětí jemně. Pro měření odebraného proudu využijeme rezistoru  $R_0$  jako bočníku a měřidlem na něm měříme napětí. Nevýhodou je, že rezistor  $R_0$  prochází také proud děliče, tvořeného potenciometrem  $R_1$  a rezistorem  $R_2$ . V praxi to nevadí. Stupnice je cejchovaná v ampérech nebo v miliampérech. Plná výchylka ručky měřidla odpovídá napětí 0,65 V. Použijeme-li přepínač, můžeme využít stejného měřidla (doplnit stupnici ve voltech) k měření napětí na výstupu zdroje. Nezáleží-li při měření napětí na úbytku napětí na rezistoru  $R_0$ , stačí jednoduchý přepínač a kladný pól měřidla připojíme na emitor tranzistoru  $T_1$ .

V příštím čísle bude popis jednoduchých měřicích přístrojů dokončen popisem zdroje 0 až 20 V/1 A, ní milivoltmetru, zkoušečem IO, měřicím kmitočtu, logickou sondou atd. Číslo bude doplněno zajímavými zapojeními.



Obr. 125. Upravené schéma zapojení zdroje s MAA723 se Zenerovými diodami pro omezení napěťových špiček



Obr. 126. Upravené schéma zdroje s MAA723 se Zenerovou diodou v obvodu napájení